

-454344-

Энергосбережение – важнейшее условие инновационного развития АПК

Материалы международной научно-технической конференции

Часть 1

(Минск, 23-24 октября 2009 года)

Минск
БГАТУ
2009

**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, 23-24 октября 2009 года)

В двух частях

Часть 1

Минск
БГАТУ
2009

УДК 620.9:001.895

ББК 31.19

Э 65

Редакционная коллегия: М. А. Прищепов, д.т.н., доцент; И.В. Протосовицкий, к.т.н., доцент; В.И. Русан, д.т.н., профессор; Н.Е. Шевчик, к.т.н., доцент; В.А. Коротинский, к.т.н., доцент; В.С. Корко, к.т.н., доцент; В.А. Дайнеко, к.т.н., доцент; О.Ч. Ролич, к.т.н., доцент.

Э 65 **Энергосбережение – важнейшее условие инновационного развития АПК: материалы международной научно-технической конференции, Минск, 23-24 октября 2009 г. В 2 ч. Ч.1 / М.А. Прищепов [и др.]; под ред. М.А. Прищепова — Минск : БГАТУ, 2009. – 264 с.; ил.**

ISBN 978-985-519-150-7

ISBN 978-985-519-149-1

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, дается анализ состояния энергетики АПК и представлены перспективы ее развития.

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

**Ответственность за достоверность публикуемых материалов
несут их авторы.**

УДК 620.9:001.895

ББК 31.19

ISBN 978-985-519-150-7

ISBN 978-985-519-149-1

© БГАТУ, 2009

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

Вступительное слово

**ректора УО «БГАТУ» члена-корреспондента НАН Беларуси
Казаровца Н.В. на пленарном заседании международной научно-технической
конференции «Энергосбережение – важнейшее условие инновационного развития
АПК», посвященной 55-летию образования БГАТУ**

Уважаемые участники и гости международной научно-практической 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 и др.

В работе конференции принимает участие около 100 специалистов, представляющих свыше различных министерств и ведомств, учебных и научно-исследовательских организаций 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.

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».

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.

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 проблемы интенсификации в производстве можно решить в комплексе 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 25.05.2006г. № 100-с 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).

В этом году принято решение ВАК Республики Беларусь об открытии в аспирантуре БГАТУ научной специальности 05.14.08 «Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии».

Университет располагает высококвалифицированными научными кадрами и специалистами, а также современной лабораторной базой. В п. Боровляны имеется энергетический полигон, на котором осуществляется практическая подготовка специалистов, научные исследования и производственные испытания разрабатываемых установок.

В текущем году необходимо завершить работы по формированию учебно-научно-практического Центра возобновляемой энергетики и энергоэффективности, что даст возможность наиболее оперативно и эффективно решать назревшие проблемы энергообеспечения и энергосбережения в АПК.

Функционирование данного центра позволит повысить качественный уровень образования, обеспечить тесное взаимодействие науки и производства, а также будет способствовать формированию личности ученого XXI века.

Уважаемые участники конференции! Согласно плану работы на конференции предполагается заслушать около 200 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.

УДК 631.171:620.9

ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ АПК: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Русан В.И., д-р техн. наук, профессор

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

Проблема устойчивого развития АПК – одна из главных в социально-экономическом развитии общества и укреплении экономической безопасности страны. Под устойчивым развитием АПК следует понимать развитие, обеспечивающее сбалансированное решение социально-экономических проблем и повышение уровня и качества жизни сельского населения, повышение эффективности сельскохозяйственного производства и обеспечение продовольственной безопасности страны.

В решении проблемы устойчивого развития АПК приоритетная роль принадлежит эффективному энергообеспечению. Надежное и эффективное энергообеспечение является фундаментом экономики АПК. Энергетика, экономика и экология – три основных составляющих устойчивого развития АПК.

Известно, что урожайность сельскохозяйственных культур, продуктивность животных, себестоимость и затраты труда при производстве и переработке сельскохозяйственной продукции находятся в прямой зависимости от уровня и качества энергообеспечения. Так, например, в технологических процессах сельхозпроизводства потребление 1 кВт·ч электроэнергии обеспечивает прирост производительности труда в 2,0-2,5 раза и снижает затраты на производство в 1,5 раза. А увеличение электровооруженности труда в сельском хозяйстве на 1% повышает производительность труда на 0,5%, тогда как увеличение

основных фондов на 1% увеличивает производительность труда лишь на 0,2%.

Проведенные исследования показали, что в энергетическом обеспечении сельскохозяйственного производства сложилось неудовлетворительное положение. Это проявляется в виде дефицита ТЭР и постоянном росте их стоимости, низкой энерговооруженности и высокой энергоемкости производства, недостаточной обеспеченностью кадрами и низкой надежностью энергоснабжения потребителей, а также высоким удельным весом энергоресурсов в стоимости продукции. При этом по уровню энерговооруженности труда отрасли АПК значительно (в 2-3 раза) отстают от промышленности. Между тем опыт экономически развитых стран показывает, что для эффективного производства сельхозпродукции эти показатели должны быть хотя бы на уровне общепромышленных. А в США, например, энерговооруженность в сельском хозяйственном производстве в 2,3, в Германии – 2,1, в Швеции – 1,6 раза выше, чем в промышленности.

В будущем проблема энергообеспечения АПК приобретет еще большую значимость, потому что необходимо будет значительно повысить энергоэффективность сельскохозяйственного производства, увеличить энергопотребление, при этом с опережающим темпом – электроэнергию. Особенно возрастет роль и значимость эффективного энергообеспечения в реализации разрабатываемой новой Государственной программы возрождения и развития села на 2011-2015 годы в т.ч. с продолжением строительства агрогородков.

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 главной задачей развития энергетики АПК является обеспечение надежного и экономичного энергоснабжения сельскохозяйственных потребителей, повышение энергоэффективности сельскохозяйственного производства на основе электромеханизации технологических процессов, создания комфортных социально-бытовых условий жизни сельского населения.

Приоритетным направлением в области электроснабжения потребителей АПК является модернизация и совершенствование систем электроснабжения, выбор принципов построения и путей технического развития электрических сетей для повышения их надежности и качества электроэнергии, а также снижения потерь энергии. При этом перспективным представляются разработка и реализация децентрализованных систем энергообеспечения и средств малой энергетики с широким использованием жидкого и твердого топлива, электроэнергии, местных видов топлива и возобновляемых источников энергии, отходов сельхозпроизводства.

Анализ эффективности использования различных видов энергии в сельском хозяйстве показывает, что раньше сельскохозяйственное производство развивалось исключительно в экстенсивном и энергоемком направлениях. В результате длительного периода неэффективного использования ТЭР в АПК сложился определенный неиспользованный потенциал энергосбережения, который оценивается в 30-35%. Реализацию данного потенциала энергосбережения следует осуществить за счет повышения эффективности использования топлива и энергии на базе новых электро- и теплотехнологий в наиболее энергоемких процессах сельскохозяйственного производства с широким использованием утилизации сбросового тепла, тепловых насосов, аккумуляции тепла и холода, комбинированных установок, систем местного обогрева, экономичного освещения и др.

Значительной экономии ТЭР в жилищно-коммунальном хозяйстве можно достичь за счет оптимизации схем теплоснабжения и преобразования котельных в мини-ТЭЦ, применения предизолированных труб и эффективных теплообменников, терморегуляции зданий и установки систем автоматизированного регулирования теплопотребления и т.п. Весьма перспективными для АПК представляются следующие энергоэффективные технологии.

- системы комбинированной выработки электроэнергии и теплоты для автономных сельскохозяйственных потребителей (когенерация и тригенерация энергии). применение

которых позволяет получить экономию порядка 100-130 г у.т. на выработку 1 кВт ч электроэнергии с тепловым к.п.д. до 90%;

- системы утилизации природной и отходящей теплоты (гелиоиспользующие установки, тепловые насосы и т.п.);

- энергосберегающие системы обеспечения микроклимата в животноводческих помещениях с утилизацией и рециркуляцией теплоты воздуха;

- энергосберегающие технологии в системах сельского водоснабжения.

Из организационно-технических мероприятий представляют интерес разработки по управлению мощностью систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, например, с целью снижения его температуры в ночное время и т.п.

И, безусловно, перспективным энергосберегающим направлением представляется разработка энерготехнологических методов, оборудования и технических средств, обеспечивающих получение полноценных семенного материала и кормов для животных, использование нанотехнологий и СВЧ энергии в технологических процессах и т.п.

Назрела необходимость разработки научного обеспечения нормативной базы анализа и количественной оценки энергосберегающих мероприятий и энергетической эффективности отраслей АПК.

В настоящее время большую обеспокоенность вызывает также проблема негативного воздействия сельского хозяйства на окружающую среду. В связи с этим особое внимание следует уделить проблемам энергетики и экологии, а также механизму их взаимодействия.

Мировой опыт развития различных государств показывает, что затраты на энергообеспечение непрерывно растут. Это обусловлено не только увеличением стоимости ТЭР, но и все увеличивающимися затратами на охрану окружающей среды. Большинство промышленно развитых стран уже подошли к тому рубежу, когда с дальнейшим ростом производства энергии издержки начинают превышать прибыль и главными лимитирующими факторами становятся вопросы экологии, связанные с улавливанием и очисткой вредных выбросов. «Тепловое загрязнение планеты», «парниковый эффект», «кислородное голодание» – далеко не полный перечень бед, которыми расплачивается человечество за предоставляемый цивилизацией комфорт. При этом способность окружающей среды поглощать газовые выбросы и прочие отходы энергетики и других отраслей народного хозяйства ограничена. Следует также отметить, что по степени загрязнения окружающей среды энергетика конкурирует с автомобильным транспортом и промышленными предприятиями.

При этом увеличивающееся загрязнение окружающей среды и нарушение теплового баланса атмосферы постепенно приводят к глобальным изменениям климата. По данным ЕС и различных природоохранных организаций со времени НТР температура на планете Земля увеличилась на 2°C. В связи с этим предлагаются такие меры, как постепенное сокращение субсидий на атомную энергию и добычу горючих ископаемых, ужесточение экостандартов для зданий и автомобилей, формирование системы рыночного поощрения для предприятий, активно снижающих объем выбросов парниковых газов, энергосбережение, использование экологически чистых альтернативных источников энергии и др. Такие меры отвечают закону биоэкологии, согласно которому развитие цивилизаций и общественных формаций зависит от перехода к альтернативным и возобновляемым ресурсам и технологиям.

Использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ) особенно важно, так как дает реальную экономию топлива и, как правило, они являются экологически чистыми. По результатам исследований зарубежных ученых ВИЭ в целом в 31 раз меньше вредны для окружающей среды, чем традиционные источники энергии, а 1 кВт.ч произведенный, например, малыми ГЭС в 300 раз, «чище», чем 1 кВт.ч. произведенный при сжигании бурого угля.

В настоящее время огромное значение приобретает комплексный подход в решении экологических и энергетических проблем. В целях повышения эффективности НИР и дальнейшего совершенствования учебного процесса, повышения уровня практической подготовки студентов и усиления связи с производством нами в 2007 г. было внесено предложение о создании инновационного учебно-научно-практического центра

возобновляемой энергетики и энергоэффективности. Функционирование данного центра даст возможность достигнуть высокого качества образования и реализовать тесное взаимодействие науки и производства, а также обеспечить формирование личности специалиста и ученого XXI века.

Выводы

Аграрная энергетика является фундаментом экономики и важнейшей приоритетной составляющей развития АПК, обеспечивающего продовольственную безопасность нашей страны. Анализ и обобщение рассмотренных в докладе вопросов показывают, что энергетика АПК в настоящее время находится в кризисном состоянии, для выхода из которого необходимо принять соответствующие неотложные меры. Многие изложенные проблемы требуют решения на государственном уровне.

Для эффективного энергообеспечения и устойчивого развития АПК необходимо:

а) подготовить и провести Парламентские слушания по вопросам обеспечения энергетической безопасности АПК, которая является залогом продовольственной безопасности страны;

б) разработать и утвердить концепцию эффективного энергетического обеспечения АПК на период до 2020 г.;

в) разработать и принять Постановление Совета Министров Республики Беларусь «О дальнейшем развитии аграрной энергетики на период до 2020г.»;

г) в соответствии с совместной программой синхронизации и единой направленности экономических реформ в Республике Беларусь и Российской Федерации разработать белорусско-российскую подпрограмму «Дальнейшее развитие, совершенствование и повышение эффективности энергетической системы АПК»;

д) принять Закон Республики Беларусь «О нетрадиционных и возобновляемых источниках энергии»;

е) Создать инновационный учебно-научно-образовательный центр возобновляемой энергетики и энергоэффективности;

ж) разработать ГНТП «Использование возобновляемых источников энергии в Республике Беларусь».

Неотложное решение вышеизложенных проблем будет способствовать преодолению энергетического кризиса, возрождению и развитию села, а также внесет существенный вклад в энергетическую и продовольственную безопасность Республики Беларусь.

УДК-631-371

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИИ

Тихомиров А.В., канд. техн. наук

*Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт
электрификации сельского хозяйства
г. Москва, Россия*

Энергетическая база играет все более значимую роль в агропромышленном комплексе страны в производстве сельхозпродукции. Степень надежности, устойчивости и эффективности энергообеспечения во многом определяет количественные, качественные и экономические показатели производства продукции сельского хозяйства.

В последние годы роль энергетического обеспечения сельскохозяйственных предприятий возросла, что связано с непропорциональным (преобладающим) ростом тарифов на энергоресурсы по сравнению с ценами на сельхозпродукцию, а это в значительной степени увеличило энергетическую составляющую в себестоимости продукции сельского хозяйства (с 7% до 15%, а по отдельным видам - до 30% и более - птицефабрики, теплицы).

Кроме того, значительно снизились надежность и качество энергоснабжения, резко

возросло число и продолжительность отключений электроэнергетики и тепла по различным причинам: из-за старения и аварийного состояния значительной части сельских электрических и тепловых сетей, несвоевременной оплаты за потребляемую энергию, отсутствия или разрушения систем и установок резервного энергоснабжения, снижения уровня эксплуатации энергоустановок. В этих условиях требуется разработка новых путей энергоснабжения сельских товаропроизводителей и жилищно-социальной сферы. Необходимо задействовать все механизмы энергосбережения, проведения целенаправленной политики на базе программных мероприятий.

Поэтому энергетическая политика на селе должна быть направлена на совершенствование структуры топливно-энергетического баланса, освоение новых видов топлива и энергии, разработку и внедрение энергоэкономных технологий и техники, рационализацию и модернизацию систем обеспечения топливом и электроэнергией, включая широкое использование децентрализованных систем и местных энергоресурсов. Разработанный институтом проект энергетической стратегии сельского хозяйства, рассмотрен и одобрен Бюро Отделения механизации, электрификации и автоматизации РАСХН.

В основу развития энергетики и модернизации систем энергообеспечения сельского хозяйства (включая государственное управление системой) положены следующие принципы:

- обеспечение эффективного и надежного энергоснабжения сельхозпотребителей во всех регионах при рациональном сочетании используемых энергоресурсов (традиционных, нетрадиционных, местных видов) в соответствии с ресурсами каждого региона;
- выбор приоритетов, принципов построения и технического оснащения систем и сетей нового поколения (электрических, газовых, тепловых) с учетом мирового опыта и новых разработок;
- создание условий для формирования регулируемого энергетического рынка и частичной демополизации энергоснабжения;
- стимулирование реализации мероприятий по энергосбережению во всех звеньях системы энергообеспечения;
- стимулирование малых и независимых производителей энергии, в особенности использующих местные энергоресурсы, биомассу, отходы, возобновляемые источники;
- сочетание интересов производителей, энергоснабжающих организаций и сельских потребителей на равноправной договорной основе.

К основным задачам развития энергетической базы энергообеспечения и энергосбережения следует отнести:

- Рациональное обеспечение потребностей сельского хозяйства в энергоресурсах;
- обеспечение экономичного, надежного и устойчивого энергоснабжения сельских объектов при снижении аварийных отключений и перерывов в энергоснабжении села в 2-3 раза, повышение уровня безопасной эксплуатации энергетического оборудования (до 50%);
- снижение энергоемкости производства сельскохозяйственной продукции (к 2020г. – на 40%);
- рационализация структуры топливно-энергетического баланса с широким использованием газа местных и возобновляемых энергоресурсов, доля которых в энергетике села должна к 2015г. составить 7-10%, а к 2020г. – 15-20%;
- снижение зависимости от централизованного энергоснабжения ряда сельских потребителей посредством самообеспечения энергией на базе собственных и нетрадиционных энергоресурсов с выработкой энергии на местах в соответствии с ресурсами регионов;
- разработка и реализация децентрализованных систем энергообеспечения и средств малой энергетики с широким использованием газа, жидкого и твердого топлива, электроэнергии, местных и возобновляемых энергоресурсов, отходов сельхозпроизводства;
- обеспечение развития сельской инфраструктуры на базе эффективного энергоснабжения инженерных систем быта и личного приусадебного хозяйства (ЛПХ) с целью сокращения ручного труда в 2 раза;
- разработка и освоение технологий получения биотоплива посредством переработки биомассы, растительных и древесных отходов в качественное жидкое и газообразное топливо.

переработки растительных масел (в частности рапса) в биотопливо и корма, отходов животноводства (стоков) в качественные удобрения и биогаз;
■ освоение технологий и средств по широкому использованию возобновляемых источников энергии в сельской энергетике.

Что касается повышения надежности электроснабжения, то в новой Концепции развития и реконструкции сельских электрических сетей и утвержденным РАО ЕС России «Положением о технической политике в электросетях» заложены новые технические требования, реализация которых должна обеспечить сокращение аварийности систем энергоснабжения в 2 раза, числа и продолжительности перерывов в электроснабжении сельскохозяйственных объектов в 5 раз, совершенствования систем и технических средств резервного электроснабжения, конструкций стационарных и передвижных резервных установок, новых (резонансных) способов передачи электроэнергии.

Вопросы создания децентрализованных систем энергоснабжения, в последнее время приобрели особую актуальность, что связано со стремлением ряда предприятий освободиться или сократить зависимость от диктата централизованного энергоснабжения. Кроме того, на селе ряд потребителей по разным причинам в 90-ые годы временно или постоянно были отключены от централизованной системы электроснабжения.

Для ряда потребителей (в первую очередь автономных) децентрализованная система является более экономичной и надежной.

Созданию децентрализованных систем во многом способствует наличие во многих сельскохозяйственных регионах местных видов топлива, растительных и древесных отходов, торфа, которые кроме непосредственного сжигания с большей эффективностью при их преобразовании в жидкое и газообразное топливо посредством технологии термохимической переработки могут использоваться для автономных установок и децентрализованных систем. Эти системы могут работать в комбинации с установками возобновляемых источников энергии.

Расчеты показали - использование биомассы, растительных и древесных отходов, биогаза, преобразованных масел в качестве топлива для сельского хозяйства может дать дополнительно более 8 млн. т.у.т., т.е. покрыть порядка 15-20% его топливно-энергетических потребностей.

Однако в настоящее время решение этих вопросов пока в начале пути, так как техническая и технологическая база еще в процессе разработки и потребители во многих случаях не подготовлены к использованию местных энергоресурсов - имеющиеся установки для прямого сжигания малоэффективны, слабо механизированы. Внедрение новых способов, в том числе получение жидкого топлива и газа из растительных, древесных отходов, торфа, навоза, растительных масел перспективны, но их реализация идет медленно. Поэтому темпы внедрения в производство технологических линий и оборудования будут определять объемы использования биомассы - к 2015 году это может составить около 4 млн. т.у.т.

Технология переработки животноводческих стоков (навоза) и комплекты биогазового оборудования в настоящее время проходит стадию модернизации. Первая «волна» этих разработок и их реализация широкого распространения не получила по ряду причин (из-за высокой стоимости оборудования, не высокой эффективности процесса, особенно в холодной зоне). Новая (модернизированная) технология и усовершенствованное оборудование в массовом порядке должны внедряться уже начиная с 2010 года.

Кроме того, значительная часть стоков перерабатывается по другим технологиям (компостирование, сушка и др.). Разрабатываемые ветродизельные установки (а в ряде случаев в комбинации с солнечными фотоэлектрическими станциями) предназначены для децентрализованного энергоснабжения ряда автономных сельских потребителей. Образцы таких комбинированных систем разработаны и в настоящее время идет отработка их типоразмерного ряда для конкретных объектов.

Преобразование существующих котельных или сооружение новых мини-ТЭЦ с использованием когенерационных установок по выработке электрической и тепловой энергии также имеет большую перспективу. Они позволят снабжать сельские объекты

(фермы, теплицы, другие объекты) теплом и электроэнергией, что повышает эффективность системы при более высоком коэффициенте полезного использования топлива, а также применения преобразованного местного топлива, обеспечивая автономное (независимое) энергоснабжение объектов.

В техническом плане необходимо ускорить отработку комплектов оборудования для децентрализованных систем энергоснабжения и организацию их изготовления. Следует по новым технологиям организовать производство на пилотных объектах

Реализация стратегии развития энергетики сельского хозяйства, энергообеспечения и энергосбережения на период до 2020г. позволит достичь:

- сбалансированности регионов по закупке, производству и использованию энергоресурсов в соответствии с местными условиями;
- стабилизации и устойчивости энергообеспечения села;
- широкого использования местных энергоресурсов, отходов, возобновляемых источников;
- появления на рынке новых видов топлива (включая биотопливо), энергоэффективных комплектов оборудования, пользующихся спросом у потребителей;
- повышения электро- и энерговооруженности труда в сельском хозяйстве на 30%, экономии энергии, ископаемого топлива и снижения энергоемкости производства сельхозпродукции на 40%;
- повышения комфортности жизни и труда в сельской местности.

В целях реализации стратегии энергообеспечения и энергосбережения с/х подготовлен проект целевой программы, которая может послужить основой для разработки региональных программ и плановых мероприятий по совершенствованию энергетической базы и рациональному использованию энергоресурсов на местах.

УДК 621.311.1

ЭНЕРГОРЕСУРСЫ И ЭНЕРГООБОРУДОВАНИЕ АГРОГОРОДКОВ МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ

Герасимович Л.С., академик НАН, Шестерень В.Е., к.т.н., Шульга В.А., к.т.н.

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»

г.Минск, Республика Беларусь

Могилевская областная сельскохозяйственная опытная станция НАН Беларуси

г.Могилев, Республика Беларусь

Агрогородки – новая производственно-хозяйственная и социально-бытовая структура в сельской местности Республики Беларусь. Создаваемые агрогородки обладают определенной спецификой в производственных и энергетических аспектах. Анализ 3,5 тыс. собранных энергоэкономических показателей по всем 202 агрогородкам Могилевской области позволил выделить характерные особенности этих объектов.

Агрогородки одновременно потребляют несколько энергоресурсов: жидкое топливо, электроэнергию, газ (природный и сжиженный), местные виды топлива. Проведена группировка агрогородков по наиболее характерным признакам (степени обустроенности, системы газоснабжения: природный или сжиженный газ, количества жителей, площади пашни, объемов потребляемой электроэнергии (рис.1).

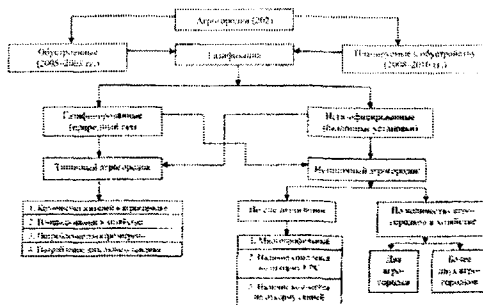


Рис. 1. Структурная схема группировки агрогородков хозяйств Могилевской области

Собранные материалы позволили определить параметры наиболее часто встречающиеся по всем агрогородкам, и таким образом, установить энергоэкономические показатели типичного для Могилевской области агрогородка (рис.2).

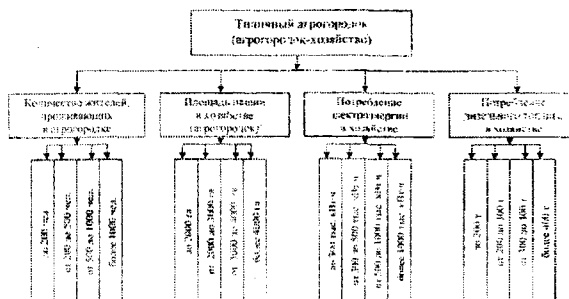


Рис. 2. Структурная схема группировки типичных агрогородков хозяйств Могилевской области

Развернутые показатели одного из типичных агрогородков «Дашковка» Могилевского района представлены в табл. 1

Таблица 1. Экономические показатели агрогородка «Дашковка» Могилевского района

Показатель	Значение
<i>По агрогородку</i>	
Количество проживающих жителей в агрогородке. чел.	1569
Число трудоспособных жителей в агрогородке. чел.	869
Количество дворов (усадеб) в агрогородке	640
Площадь агрогородка, га	50
Наличие газификации агрогородка	да
<i>По производственной сфере</i>	
Валовая продукция хозяйства, млн руб.	4896
Площадь сельскохозяйственных земель, га	3959
Количество работников в хозяйстве, чел.	390
Наличие энергетических мощностей, л. с.	18000
Расход энергоресурсов, в том числе:	
бензин, тыс. т	116
дизельного топлива, тыс. т	505
электроэнергии, кВт-ч	1466

Показатель	Значение
Энерговооруженность, л. с/раб.	46,2
Энергооснащенность, л. с/100 га	454,7
1головье КРС, гол.	3662
3 том числе коров, гол.	1390
1головье свиней, гол.	398
Специализация хозяйства (молочное, мясное, производство картофеля)	

Энергоснабжение агрогородка - централизованное, осуществляется от двух ЛЭП 110кВ государственной энергосистемы Могилевэнерго. Резервных локальных электроисточников в жилом секторе и в производственной зоне нет.

Теплоснабжение части жилого сектора, вблизи животноводческого комплекса КРС на 800 гол., осуществляется от центральной газовой котельной. Протяженность теплотрасс составляет около 9 км. Остальные потребители тепловой энергии питаются от систем природного газа, газовых установок, подсоединенных к двум ГРП. Протяженность газопровода низкого давления достигает 12,8 км. а высокого давления 15,5 км.

Холодное водоснабжение агрогородка в целом осуществляется от 11 артезианских, оборудованных водонапорными башнями. Общая площадь водопроводов составляет 16,8 км.

ЛИТЕРАТУРА

1. Программа возрождения и развития села Могилевской области на 2005-2010 годы. – Минск: Беларусь, 2005г.

2. Герасимович Л.С. Комплексное энергообеспечение агрогородков Могилевской области / Л.С. Герасимович и др. Весці НАН Беларусі / 2009, №1

УДК 631.371:621.548

ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА И ЕДИНАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Агаев Н.Н., доктор наук, член-корр. МАИТ, Маньшин Г.Г., д.т.н., член-корр. НАНБ

МНОО «Международная академия информационных технологий»

г. Минск, Республика Беларусь

Введение

Строительство крупных ветропарков в Республике Беларусь откладывается на неопределенный срок, – таково мнение госчиновников Департамента по энергоэффективности Госстандарта Беларуси. Предусматривалась закупка и установка 1800 ветроустановок по 1500 кВт мощности каждая. При цене 1800 Евро за 1 кВт, объем инвестиций составил бы 2,7 млрд. Евро.

Более грамотного и взвешенного решения за 15 лет реального становления республики по нашему мнению не было. В определении «возобновляемые источники энергии» присутствует некая мистичность, которая мешает понять, что эти виды энергии сиюминутные, мгновенные. Их можно использовать именно сейчас, потому что завтра будет другая энергия, которая может возобновиться, а может, и нет. Это является главным препятствием в развитии ветроэнергетики вообще. К примеру, 10-летняя Европейская программа объединения ветроэнергетики с единой энергетической системой выполнена только на 7%. То есть по существу просто провалена. Нетрудно предсказать судьбу наших будущих ветропарков, электроэнергия которых будет отторгаться существующей электросистемой.

Особенности технологии использования ветровой энергии

Предысторией любого энергетического проекта является разведка запасов энергетического сырья и оценка энергоэффективности преобразующих устройств.

В первую очередь, необходимо определить реальный КПД ветроустановок, который

замаскирован, закамуфлирован множеством технических терминов, не позволяющих корректно оценить:

- способы применения ветровой энергии в реальных производственных процессах;
- виды аккумулирующих устройств;
- срок окупаемости инвестиций через энергоэффективность ветровой энергии.

Для начала хотелось бы оценить весь потенциал ветровой энергии, разведать в объеме (по всей территории и высоте) наиболее энергоемкие районы, совместить по координатам с районами, наиболее нуждающимися в энергии. Такая разведка ветрового потенциала требует создание соответствующих организационных, научно-технических структур, привлечение достаточно крупного финансирования и, по крайней мере, один – два года исследовательских работ.

В первом приближении, ветровой потенциал Республики Беларусь можно представить по средневзвешенной величине скорости ветра на высотах до 100 метров ($U_{\text{сред}} \approx 8$ м/с, площадь Республики Беларусь $S \approx 2,076 \times 10^{11}$ м², удельная плотность воздуха $\rho \approx 1$ кг/м³). Отсюда, мощность ветрового потенциала $P \approx 6,64 \times 10^{11}$ кВт.

Для обеспечения каждого гражданина Республики Беларусь одним киловаттом мощности потребуется использование $1,5 \times 10^{-5}$ части ветрового потенциала, что адекватно постройке 100000 ветроустановок со среднегодовой мощностью 100 кВт. При цене 2000 Евро за 1 кВт, величина инвестиций составит 2×10^{10} Евро, т.е. 20 млрд. Евро. При условии среднегодовой мощности 10^7 кВт и КПД ≈ 1 , окупаемость проекта чуть меньше 2,5 лет.

С практической точки зрения, такой идеальный расчет, - чистой воды авантюризм. КПД самых эффективных трехлопастных установок не превышает 0,45-0,5, но КПД в данном случае считался совершенно не понятным образом. Поясним этот тезис. К примеру, при диаметре трехлопастного колеса 30 м и скорости ветра 9 м/с, энергия набегающего воздушного цилиндра при плотности воздуха $\rho = 1$ кг/м³ составит:

$$W = 0,5 \times \pi \times 15^2 \times 9^3 \times t \approx 257\,650 \text{ Дж.}$$

Энергия потока, проходящего через сечение, которое обегает ветроколесо, преобразуется, частично, пропорционально отношению площади лопастей к площади круга (около 0,033 части). С учетом КПД преобразования части энергии потока, которая взаимодействует

с лопастями (КПД $\approx 0,45-0,5$), общий коэффициент преобразования (КП) очень низкий и составляет $\text{КП} \approx 0,017$.

С учетом данного обстоятельства, сроки окупаемости идеальных ветроустановок увеличиваются от 2,5 лет до 150 лет, что и является основным антиаргументом развития ветроэнергетики.

С технической точки зрения, учитывая случайный характер ветровой загрузки ветроустановок, реализация устойчивой во времени ветроэнергетики затруднена отсутствием интегрирующих аккумуляторов, емкость которых могла бы обеспечить бесперебойную работу ветроэнергетической установки (при штиле), хотя бы в течение 5-10 суток.

Добавляя к нашим техническим трудностям КПД аккумулирующих устройств, трансмиссий, генераторов, преобразователей частоты (или КПД электролизеров), срок окупаемости придется увеличить как минимум в 1,5 раза ($150 \times 1,5 = 225$ лет).

И, если нас не испугают некупаемые инвестиции, и мы все же построим ветропарки, останется еще одна проблема. Это проблема использования ветроэнергии. Семипроцентный европейский рекорд ну совсем не вдохновляет. Его ничтожность, тем не менее, объяснима. Дополнительными мощностями, которые привлекаются в часы пик, ветроэнергетика не располагает, потому что по утрам и вечерам (по крайней мере, в Республике Беларусь) ветер отсутствует, а днем генерирующих мощностей в энергетической системе достаточно.

Конечно, за достаточность мощностей энергетикам приходится расплачиваться энергетическим сырьем, повышенными выбросами CO₂, не соответствующими реальным энергетическим затратам потребителей. Изменить данную ситуацию без новых технологий невозможно, потому что мощность энергосистемы рассчитана на максимальные всплески. а

осредненная мощность потребления электрической энергии меньше в 2-3 раза. Попытки уменьшить мощности приведут к полной разбалансировке всей системы, инициируя следующее: флуктуации питающего напряжения, токи перетоков между параллельно соединенными трансформаторами, резкое снижение КПД электроприемников, изменение формы синусоиды питающего напряжения, токи высших гармоник.

И, наконец, совершенно понятно, что ни в Европе, ни в США, ни в Республике Беларусь, ни в одной стране мира энергетики отдавать свои деньги владельцам «не нужной» ветровой энергии не собираются.

Основные сведения по предлагаемым изобретениям в области ветроэнергетики

Главной новизной в рассматриваемой ниже ветроустановке является создание эжекторного устройства, обеспечивающего энергию разряжения, сопоставимую с энергией ветровой нагрузки. Ветровая турбина размещается стационарно. Ветроустановка снабжена аккумулятором кинетической энергии.

Производительность дефлекторных устройств самых современных конструкций крайне мала и у самых лучших составляет 60 литров/мин при скорости обдувания 10 м/с (размеры: высота 333 мм, диаметр 333 мм). При этом объем обтекающего дефлектор воздушного потока, примерно в 1000 раз больше. Попытки создания эжекторных устройств с большой производительностью наталкиваются на непреодолимые трудности. К примеру, в Испании построена труба высотой 195 м и 10 м диаметром. Для увеличения тяги у основания трубы сооружены тепловые солнечные аккумуляторы на площади 40000 м². Мощность данного сооружения не превышает 40 кВт.

Причиной низкой производительности является разница плотностей воздуха в потоке по высоте эжекторного сопла. В нижнем сечении потока эжекторного сопла удельная плотность воздуха имеет наименьшую величину, что обусловлено наибольшей скоростью. Под действием разницы статических давлений происходит захват некоторого объема воздуха из внешней среды и отсюда соответствующее уменьшение степени разряжения в объеме рабочей камеры, с которой соединено через газоход эжекторное устройство. Чем больше вертикальная длина эжекторного сопла, тем мощнее эффект и тем меньше КПД устройства.

В новом способе создания разряжения рабочий поток разделяют по отдельным объемам (при этом длина эжекторного устройства может быть увеличена до любой разумной величины), разворачивают на 90 градусов, совмещая с вектором обдувающего эжектор потока, и выводят через сопла. Так как скорость эжектируемого через сопло воздуха не может превышать скорости ветра, то для получения максимального КПД площадь эжекторных сопел должна быть равной или больше поперечной площади эжекторного устройства.

По форме эжекторное устройство представляет собой симметричное крыло, каплевидное в разрезе. Устанавливается вертикально на поворотный подшипник в самой широкой части, что позволяет исключить из конструкции флюгерное устройство.

Отличительной чертой эжекторного устройства является практически полная компенсация силы скоростного напора, которая обеспечивается поворотом вектора потока на 90 градусов. Тепловые потери на трение исключают при низких температурах обледенение. Компенсация скоростного напора позволяет значительно уменьшить вес и упростить конструкцию. Патентный поиск проведен на глубину 100 лет, аналог и прототип не найдены. Подана заявка на способ разряжения.

Ветроустановка устанавливается стационарно на земле и работает на разнице давлений внешнего атмосферного столба и рабочей камеры. Ветроустановка может быть реактивного типа (возможен прототип гидротурбины реактивного типа). На валу ветротурбины устанавливается генератор, выдающий переменное по амплитуде и частоте напряжение, которое после выпрямления и преобразования поступает к разгонным двигателям аккумулятора кинетической энергии.

Разработаны и готовы к патентованию устройства:

1. *Аккумулятор кинетической энергии*, рабочим телом которого является сплошной цилиндр. Аккумулируемая масса разгоняется по кругу линейным двигателем на магнитной

подвеске. Основное отличие от известных прототипов в том, что линейный двигатель установлен на вертикальной неподвижной стенке, по которой и разгоняется аккумулирующая масса. Применяя два реактивных рельса в горизонтальной и вертикальной плоскостях можно обеспечить компенсацию и веса и центробежной силы. Технология реактивного рельса достаточно глубоко разработана и с успехом применяется во многих странах мира. Рабочее тело сплошное по всему диаметру помещается в герметичный корпус, что полностью исключает потери на скоростной напор. При разгоне воздух отбрасывается центробежной силой на вертикальную стенку и выводится из замкнутого объема, создавая практически идеальное разрежение. Генераторная обмотка устанавливается на неподвижной внутренней стенке аккумулятора. После преобразования по частоте и амплитуде, электрическая энергия поступает к потребителю. Аккумулятор полностью исключает дефицит мощностей в часы пик. Интегрировано подзаряжается при любых скоростях ветра и может накапливать энергию, адекватную мощности потребления до 10 и более дней. Применение аккумулятора с газовыми турбинами позволит снизить потребление газа в 2-3 раза.

2. *Аккумулятор кинетической энергии с емкостным компенсатором центробежной силы* является дальнейшей разработкой предыдущего изделия и отличается тем, что аккумулирующая масса в виде электропроводящего цилиндра является дополнительно обкладкой конденсатора. Вторая обкладка конденсатора расположена на внутренней неподвижной плоскости. Сила притяжения, действующая между обкладками конденсатора, пропорциональна его емкости и регулируется величиной напряжения. Дополнительная компенсация центробежной силы по всей глубине аккумулирующей электропроводящей массы позволяет на порядок увеличивать емкость такого аккумулятора.

3. *Емкостной двигатель-генератор.* Это пионерное изобретение. Является принципиально новым двигателем - генератором. Ротор может быть как внешним, так и внутренним. Простота конструкции, преобразование электрической энергии с переменными параметрами частоты и амплитуды напряжения без применения частотного привода и электронных преобразователей в кинетическую энергию вращения, компенсация центробежной силы, небольшие массогабариты выдвигают его на первое место в данном классе аккумулирующих устройств.

Сущность изобретения может быть открыта лишь после патентования или, в крайнем случае, после получения формального приоритета.

Программа по внедрению проекта «Белорусская ветроэнергетическая установка»:

- техническая экспертиза проекта, для чего необходима публикация и привлечение к экспертизе всего научно-технического потенциала Республики Беларусь;
- создание ЗАО, в которое могут войти МАИТ, АН РБ, Управление делами Президента Республики Беларусь, автор-изобретатель, инвесторы;

- определение и привлечение к производству ветроустановки предприятия республики Беларусь;

- мониторинг потенциала ветровой энергии по территории республики;
- разработка и внедрение новых технологий по производству установок на предприятиях Республики Беларусь;

- привлечение к строительству ветропарков строительных организаций. Разработка технологии запуска ветроустановок и способов передачи энергии потребителям без зависимости от сетей существующей единой электрической системы;

- производство и экспорт ветроустановок;
- научно-техническая разработка новых моделей различной мощности. Патентование и продажа лицензий;

- создание совместных предприятий по всем странам мира.

Дополнительное финансирование проекта экологически чистой энергетики возможно по линии ООН, МВФ и иных международных организаций.

Ориентировочные сроки по вводу в эксплуатацию генерирующих ветромошностей (10^7 кВт) оценивается в 15-20 лет. Срок окупаемости новых ветроустановок даже при тех же ценах за 1 кВт не превышает 5 лет.

Создание принципиально нового типа ветроэнергетической установки, эффективность которой на порядки превышает эффективность существующих, позволяет не только обеспечить Республику Беларусь экологически чистой электроэнергией, но и полностью изменить способы генерации и распределения электрической энергии на базе генерирующих устройств, использующих углеводородное топливо.

Прецедент по совместной с государством реализации интеллектуальной собственности изобретателя открывает новую страницу в короткой истории нашего молодого государства, которое реально родилось и набирает силу в течение последних 15 лет.

Патентное преимущество в этой области, определенное международным правом, позволит переориентировать многие предприятия на новую технологию и несколько десятилетий бесконкурентно экспортировать продукцию на внешние рынки.

УДК 004.94:621.43:631.372

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ДВС С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Савченко О.Ф., к.т.н., с.н.с, Ольшевский С.Н., к. т. н.

Сибирский физико-технический институт аграрных проблем СО Россельхозакадемии (ГНУ СибФТИ), г. Новосибирск, РФ

Введение

Важным элементом информационной поддержки системы технического обслуживания двигателя внутреннего сгорания (ДВС) [1] является оценка его технического состояния, для чего необходима регистрация с помощью технических средств соответствующего набора параметров и физических процессов, характеризующих работу двигателя. Для этого наряду с использованием автономных приборов контроля отдельных параметров особенно перспективно применение информационных измерительных систем и измерительных экспертных систем, разработка которых ведется в ГНУ СибФТИ на протяжении многих лет [2,3].

Одним из перспективных направлений совершенствования систем является технология виртуальных приборов, используемая для автоматизации эксперимента. Она основана на применении стандартизированных промышленных компьютеров, модульных аппаратных средств, интерфейсов и программного обеспечения, осуществляющих сбор и обработку данных, составляющих в целом виртуальный прибор. Такая технология позволяет повысить производительность и снизить стоимость решений за счет максимального использования возможностей компьютеров (сверхвысокое быстродействие и практически неограниченные возможности памяти) и современных инфокоммуникационных технологий (модели представления знаний, сетевые технологии, базы данных и знаний, CALS-технологии и др.) [4].

Цель настоящего исследования – повысить эффективность информационной поддержки технического обслуживания ДВС путем усовершенствования системы для автоматизации процесса измерения и регистрации данных с применением технологии виртуальных приборов.

Разработка технических и программных средств регистрации данных

Исследования проводились на испытательном экспериментальном оборудовании ГНУ СибФТИ, включающем ДВС 4Ч10,5/12 (Д-144), электрическую обкаточно-тормозную установку DS-932-4/N и информационную измерительную систему с комплектом датчиков ДВС (давления в цилиндре и топливопроводе высокого давления, хода иглы форсунки, угла поворота коленчатого вала и др.). Усовершенствовались цифровые измерительные устройства в совокупности с преобразователями физической величины (датчик, усилитель) и программное обеспечение, с помощью которого конфигурируется устройство сбора данных

под различные задачи регистрации и обработки. Схема усовершенствованной установки приведена на рис. 1.

Для сбора и хранения данных использовали многофункциональное устройство NI PCI-6251 семейства М производства компании National Instruments. Согласование данного устройства обеспечивается программой NI-DAQmx (драйвер), входящей в состав пакета графического программирования LabVIEW. С помощью ПО LabVIEW выполняется настройка конфигурации и свойств платы NI PCI-6251. Драйвер платы осуществляет считывание буферной памяти и загрузку измерительных данных в оперативную память ПК в режиме прямого доступа. Блок синхронизации обеспечивает связанный с работой ДВС ввод данных по аналоговым и дискретным каналам.

Программа регистрации быстропеременных физических процессов в ДВС реализована в виде виртуального прибора и, совместно с аппаратными средствами, позволяет выполнять регистрацию от 1 до 4 физических процессов по аналоговым каналам с синхронизацией по времени или по углу поворота коленчатого вала, управление планом эксперимента (задание количества выборок, частоты синхронизации, количества каналов, запись и хранение данных, визуализацию и масштабирование данных).

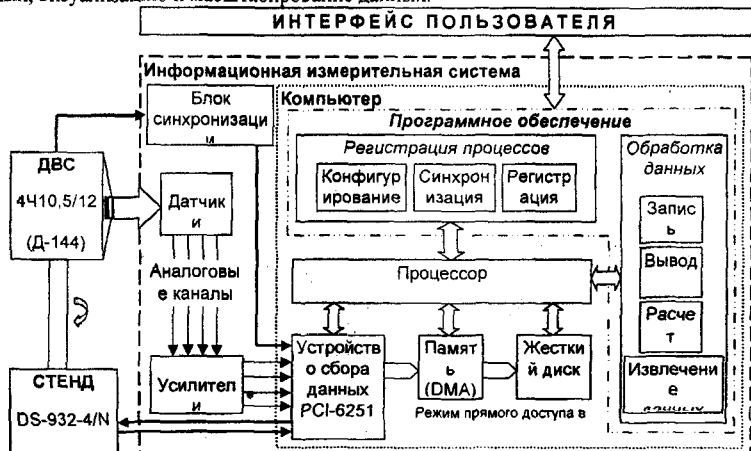


Рис.1. Схема автоматизированного комплекса

Программа реализует два режима работы – наблюдение за физическими процессами и регистрацию с записью в файл. Для детального просмотра зарегистрированного процесса применяется масштабирование по осям ординаты и абсциссы результатов измерений с помощью специальных управляющих терминалов, выполняющих расчет и индикацию результата масштабирования.

Особенность функционирования программы – гибкость в настройке каналов измерения физических процессов и плана эксперимента, что обеспечивает желаемую выборку данных физического процесса. Учитывая большой объем данных разработана специальная методика автоматизации процесса записи и хранения данных с последующим их извлечением и обработкой [5]. Суть методики заключается в построении иерархической структуры файлов зарегистрированных данных в зависимости от плана эксперимента. В основе – универсальная структура имени файла, состоящего из значений наблюдаемых основных параметров (крутящий момент, число оборотов) и места (каталога), куда он будет записан, который, в свою очередь, состоит из последовательности значений переменных факторов.

Следует заметить, что наряду с автоматизацией сложного и объемного процесса измерений, несомненным достоинством данного методического подхода является возможность проведения глубокого полноценного исследования физических процессов.

натурного эксперимента путем последующего воспроизведения их на компьютере. Это значительно облегчает выявление новых закономерностей, определение информативных зон и точек, оценку степени влияния факторов на процессы и т.д., что существенно повышает эффективность разработки методов оценки технического состояния ДВС.

Результаты регистрации данных

На рис. 2 представлены измеренные для двигателя 4С10,5/12 (Д-144) процессы изменения давления газов в цилиндре P_c , давления в топливном трубопроводе P_d и хода иглы форсунки H в функции угла поворота коленчатого вала с дискретизацией 0,36°.

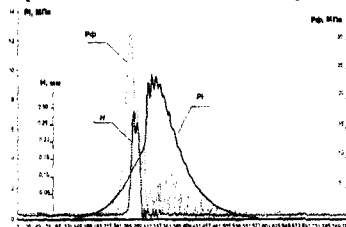


Рис. 2. Результаты наблюдений физических процессов ДВС для угла опережения впрыска топлива 30°.

Проведена обработка результатов наблюдений для построения скоростной и нагрузочной характеристик ДВС при значении угла опережения впрыска топлива 30°, что представлено на рис. 3.

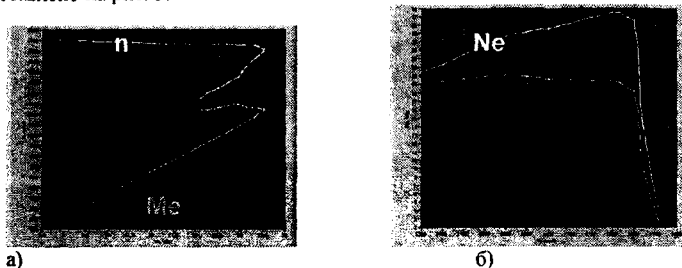


Рис. 3. Характеристики ДВС при номинальном значении угла опережения впрыска топлива 30°: а – нагрузочная; б – скоростная; n – число оборотов вала двигателя; Ne – мощность ДВС; Me – крутящий момент ДВС.

ВЫВОДЫ

1. Проведено усовершенствование автоматизированного комплекса экспериментальных исследований ДВС с применением технологии виртуальных приборов. Разработаны технические средства регистрации данных эксперимента с использованием модульной архитектуры стандартизированных программируемых устройств сбора данных и программные средства с помощью экспресс технологии на основе пакетов графического программирования.

2. В результате проведенных экспериментальных исследований подтверждена возможность получения в автоматизированном режиме скоростных и нагрузочных характеристик ДВС с одновременной регистрацией в требуемых точках соответствующей им совокупности данных, что существенно повышает эффективность изучения физических процессов ДВС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Савченко О.Ф. Развитие на основе CALS-технологии системы информационной поддержки технического обслуживания ДВС //Аграрная энергетика в XXI веке / Мат. меж. научн.-техн. конф. – 24-25 октября 2005 г. – Минск, РУП Институт энергетики АПК НАН

Беларуси. – 2005. – С. 330-334.

2. Система для регистрации и обработки индикаторных диаграмм : а.с. 954839 СССР, М.Кл.³ С 01 М 15/00. / Савченко О.Ф., Бухтияров И.Д., Альт В.В. [и др.] / (СССР).– № 3241786/25–06 ; заявл. 26.01.81 ; опубл. 30.08.82 ; Бюл. № 32.– 10 с.

3. Способ определения технического состояния двигателей внутреннего сгорания и экспертная система для его осуществления : пат. 2293962 РФ, МПК G 01 М 15/00 /Добролюбов И.П., Савченко О.Ф., Альт В.В. (РФ) .– № 2005117592/06 ; заявл. 07.06.2005 ; опубл. 20.02.2007 ; Бюл. № 5.– 81 с.

4. Савченко О. Ф. Автоматизированный технологический комплекс экспертизы ДВС на базе CALS-технологий/ О. Ф. Савченко // Достижения науки и техники АПК. – 2006. – № 11. – С. 20–22.

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

УДК 621.311

КОНТРОЛЬ ДОСТОВЕРНОСТИ ВХОДНЫХ ДАННЫХ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ КОНТРОЛЯ И УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Авищенко В.А., Жерко С.Н.

УО «Белорусский национальный технический университет»

г. Минск, Республика Беларусь

Эффективность работы автоматизированных информационно-измерительных систем, обеспечивающих контроль и учет электрической и тепловой энергии, газа, воздуха, воды на промышленных предприятиях, в сельскохозяйственном производстве и на электростанциях, характеризуется точностью измерений и своевременным выявлением их недостоверных результатов из-за отказов и сбоев элементов систем. Точность и достоверность измерений достигаются в первую очередь за счет совершенствования технических средств, с помощью которых они производятся. При измерении электроэнергии этими средствами являются измерительные трансформаторы тока и напряжения, электросчетчики, а также каналы передачи информации. Дополнительно повысить достоверность можно путем обработки результатов измерений с использованием топологической связи измеряемых переменных. Такой контроль перспективен прежде всего при измерении электроэнергии, поскольку связность схем электрических соединений достаточно велика. Условия достоверности одновременных измерений m взаимосвязанных переменных, образующих систему n уравнений, имеют вид:

$$\left| \sum_{i=1}^n a_{ij} \cdot W_i \right| < \delta_{\text{доп } j}, \quad j = 1, \dots, n,$$

где W_i - результат измерения i -ой переменной; a_{ij} - коэффициент, равный 1, -1 или 0, определяющий входение i -ой переменной в j -е уравнение связи; $\delta_{\text{доп } j}$ - допустимая невязка j -го уравнения, рассчитываемая в зависимости от точности измерений:

$$\delta_{\text{доп } j} = k \sqrt{\sum_{i=1}^n a_{ij}^2 \cdot \sigma_i^2 + \sigma_{\Delta W_j}^2}, \quad j = 1, \dots, n,$$

где k - квантиль усечения случайного распределения невязки; σ_i^2 - дисперсия потерь электроэнергии в элементах схемы соединений переменных в j -м уравнении относительно среднего значения потерь ΔW_j (при близком расположении электросчетчиков $\Delta W_j \approx 0$ и $\sigma_j^2 \approx 0$); σ_j^2 - дисперсия результирующей погрешности i -го измерения:

$$\sigma_i^2 = \left(\frac{1}{\rho} \cdot W_i \right)^2 \cdot (\gamma_{T_i}^2 + \gamma_{\Delta}^2 + \gamma_{K_i}^2), \quad i = 1, \dots, m,$$

где ρ - квантиль усечения случайного распределения погрешности; γ_{T_i} , γ_{Δ} , γ_{K_i} - точности трансформаторов тока и напряжения, электросчетчиков и каналов передачи информации в о.с.

Восстановление утраченных данных производится замещением недостоверных измерений наиболее вероятными значениями переменных.

Система уравнений связи, объединяющих электросчетчики, может изменяться в соответствии с изменением топологии эмпирической сети. Поэтому необходимо включение в состав входных данных автоматизированных систем контроля и учета электроэнергии дополнительных показаний сигнализации о положениях коммутационных электрических аппаратов. Контроль достоверности сигнализации производится на основе совместного рассмотрения показаний электросчетчиков и результатов сигнализации.

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПРОВЕРКИ ПРОСТЫХ РЕЛЕ И ЭЛЕМЕНТОВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ

Астахов С.М., канд. техн. наук, Сорокин Н.С.

*ФГОУ ВПО «Орловский государственный аграрный университет»
г.Орел, Россия*

Эффективность работы релейной защиты и автоматики (РЗА) электрических распределительных сетей во многом определяется качеством проверки характеристик элементов РЗА в условиях эксплуатации. Такие проверки проводятся с использованием специальных устройств, вырабатывающих токи и напряжения больших величин. В настоящее время российский рынок средств диагностики и испытания РЗА широко представлен сериями устройств различных производителей таких как «Уран», «Нептун» и «Сатурн» [1], особую группу составляет серия компьютерных испытательных систем «РЕТОМ» производства НПП «Динамика» (г. Чебоксары) [2]. Компьютерные испытательные системы этой серии позволяют выполнять все виды традиционных плановых и наладочных работ. При массе положительных качеств устройств данной серии, не последнюю роль в их ограниченном применении на энергетических объектах, особенно в сельских распределительных сетях, играет высокая стоимость, за счет использования различных встроенных дорогостоящих цифровых элементов.

На кафедре «Электроснабжение» Орловского государственного аграрного университета, научной школой, созданной в 90-х годах прошлого века профессором Васильевым В.Г., уже на протяжении более 15-ти лет изучаются вопросы повышения эффективности электроснабжения сельских потребителей. Исследователями научной школы было разработано устройство для проверки простых реле и элементов релейной защиты и автоматики, работающее совместно с компьютером PC или Notebook. Это достаточно простое и недорогое устройство, так как вся цифровая обработка полученной в процессе проверки или испытания информации производится на стандартном компьютерном оборудовании, с помощью специально разработанной компьютерной программы, например, программы дистанционного контроля работы сетевого автоматического включения резерва (ABP) [3].

Разработанное устройство предназначено для проверки и настройки электромеханических и электронных реле напряжения, тока и времени, устройств релейной защиты и автоматики распределительных сетей 0,38 и 6-35 кВ и предназначено для применения на местах установки систем релейной защиты и автоматики в условиях электрических трансформаторных подстанций, производственных объектов и испытательных лабораторий.

Устройство для проверки простых реле и элементов релейной защиты и автоматики представляет собой переносное настольное устройство, выполненное в виде пульта, при этом, при работе оно может занимать как горизонтальное, так и вертикальное положение. Лицевая панель устройства с органами управления представлена на рисунке 1. На панель управления выведены следующие элементы управления и контроля. Это гнездо плавкого предохранителя 1, амперметры 2 и 3 для измерения токов различной величины, переключатель пределов 5, подключающий эти амперметры к соответствующим цепям, с кнопкой переключения токовых цепей 4, ручка реостата 6 для установки броска тока большой величины, сигнальная лампочка 7, провод сети питания 8, выходные токовые клеммы 9 и 10, вольтметр 11 для измерения сетевого напряжения, секундомер 12 для определения длительностей бросков тока и выдержек времени при их подаче вручную, реле времени 13 для задания длительностей бросков тока и выдержек времени автоматически, тумблер 14, необходимый для введения в испытываемые цепи малых токов с верхним

значением 5 А, регулятор 15 этого тока (от 0 до 5 А), кнопка с саморазмыканием 16 для подачи «больших» токов, близких по величине к току короткого замыкания (КЗ), в испытываемые цепи, тумблер 17 подключения устройства к сети.

Разработанное устройство с успехом применялось при испытании системы дистанционного контроля результатов работы сетевого АВР [4]. При проведении испытаний производилась имитация различных режимов работы электрических сетей, в частности, выполнялись: неуспешные и успешные включения и отказы АВР; неуспешные и успешные включения и отказы автоматического повторного включения; отдельные броски рабочих токов и токов КЗ и последовательности из нескольких бросков. Во время проведения экспериментов так же изменялись длительность выдаваемых бросков тока и время между бросками тока.

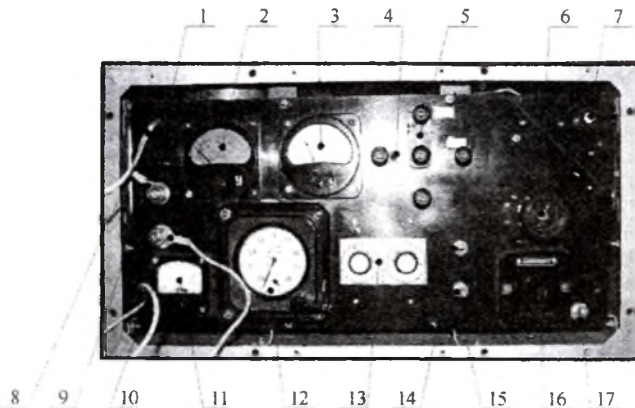


Рис. 1. Лицевая панель устройства для проверки простых реле и элементов релейной защиты и автоматики

Устройство для проверки простых реле и элементов релейной защиты и автоматики позволило настроить систему дистанционного контроля на определенную чувствительность и затем ее проверить. Диапазон выдаваемого тока составил от 0,1 до 100 А.

Представленное устройство выполнено на основе лабораторного автотрансформатора (ЛАТРа) с номинальным током 9 А и понижающего трансформатора напряжением 220/12 В мощностью 1500 В·А.

Работа с устройством осуществляется следующим образом. Тумблером 17 подается напряжение питания 220 В и отслеживается его величина по вольтметру 11. В том случае, если достаточно подавать броски тока без имитации рабочего тока в испытываемом устройстве, то переключатель 14 необходимо отключить (опустить вниз). Далее необходимо установить величину броска тока (или тока КЗ) поворотом поводка 6 ЛАТРа, наблюдая его величину по амперметрам 2, 3 или выносному амперметру (на рисунке не показан), в зависимости от требуемой величины и соответствующего положения переключателя 5. Настройка величины тока производится при нажатой кнопке 16.

После настройки величины броска тока, кнопку 16 необходимо отпустить и устройство останется в готовности подавать броски тока выставленной величины. Длительность подаваемых импульсов достигается временем нажатия кнопки 16, а время между отпусканием этой кнопки и ее повторным нажатием соответствует времени бестоковых пауз. В общем случае длительность бросков тока и бестоковых пауз может задаваться и отдельным реле времени.

Представленное устройство для проверки простых реле и элементов релейной защиты и автоматики позволяет проверить, настроить и испытать различную аппаратуру РЗА в

лабораторных условиях, а так же непосредственно в условиях эксплуатации на энергетических объектах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Применение и техническое обслуживание микропроцессорных устройств на электростанциях и в электросетях [Текст] / Сост. А.П. Кузнецов; Под ред. Б.А. Алексеева. – Ч.3.: Испытательные установки для проверки устройств релейной защиты и автоматики (серии «Уран», «Нептун», «Сатурн»). – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2002. – 96 с.: ил.
2. Применение и техническое обслуживание микропроцессорных устройств на электростанциях и в электросетях [Текст] / Сост. А.Н. Бирг, В.Н. Дмитриев, В.А. Герасимов, С.А. Кузьмин; Под ред. Б.А. Алексеева. – Ч.4: Испытательные установки для проверки устройств релейной защиты и автоматики (серия «РЕТОМ»). – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2002. – 56 с.: ил.
3. Астахов, С.М. Компьютерная программа дистанционного контроля работы сетевого АВР [Текст] / С.М. Астахов // Вести высших учебных заведений Черноземья: научно-технический и производственный журнал. – 2007. – №3(9). – С. 68-71.
4. Астахов, С.М. Повышение эффективности функционирования сетевого автоматического резервирования в электрических распределительных сетях 6-10 кВ: монография [Текст] / С.М. Астахов. – Орел: изд-во Орел ГАУ, 2008. – 172 с.

МЕТОДОЛОГИЯ ЭНЕРГОБЕЗОПАСНОСТИ И КОМПЛЕКСНОГО ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ АГРОГОРОДКОВ

**Герасимович Л.С., Шестерень В.Е., Шульга В.А., Попов Б.И., Пархомов М.Д.,
Кошелев В.В.**

*УО «Белорусский национальный технический университет»,
Институт энергетики НАН Беларуси
г. Минск, Республика Беларусь*

Комплексная система энергообеспечения предназначена для качественного и бесперебойного энергообеспечения всех потребителей производственного, социально-культурного и жилищно-коммунального секторов агрогородка (далее, энергосистема агрогородка - ЭСА). ЭСА призвана обеспечивать жизнедеятельность населения агрогородка и прилегающих к нему населенных пунктов в соответствии с нормативами государственных социальных стандартов и энергоэффективности производства аграрных градообразующих предприятий [1,4].

1. Проблемное поле аграрной энергетики в Республике Беларусь.

Системный подход позволил сформулировать понятие аграрной энергетики в стране как системно-сложный иерархический организационно-технический (эргатический) комплекс, выполняющий функции энергообеспечения аграрного производства, сопряженного с социально-культурной и жилищно-коммунальной сферой АПК [2]. Система включает подсистемы приобретения (покупки) большинства и производства для собственных нужд и сбыта (продажи) отдельных видов топливно-энергетических ресурсов и энерготехнических средств, эксплуатацию и ремонт установленного энергооборудования и внутренних схем энергоснабжения, а также кадровое и научное сопровождение и управление этой системой.

В кратко- и среднесрочной перспективе в аграрной энергетике существует ряд экономических, организационных, экологических и социальных проблем, представленных на диаграмме (рис.1), влияющих на энергобезопасность и энергоэкономическую эффективность агрогородков.

Указанные проблемы снижают энергоэффективность аграрной энергетики и требуют разработки методологии комплексного исследования энергобезопасности и энергообеспечения агрогородков с использованием современного компьютерного инструментария. Вместе с этим отсутствие единого методологического комплекса для исследования энергосистем агрогородков, способного оценить принятие эффективных решений по снятию ряда из указанных проблем, требует обоснованного выбора и адаптации известных, зарекомендовавших себя на практике, пакетов программного обеспечения.

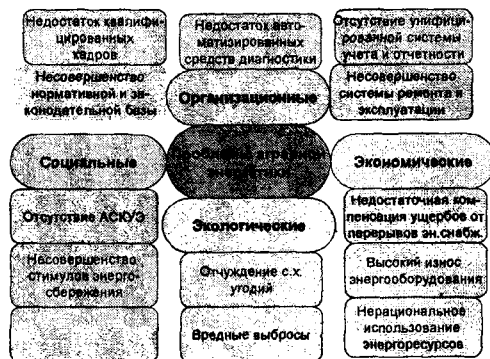


Рисунок 1. Диаграмма современных проблем аграрной энергетики.

2. Программный комплекс для моделирования и реинжиниринга ЭСА.

Методология исследования энергосистем агрогородков включает пять иерархических уровней взаимосвязанных процедур подготовки и моделирования ЭСА и предлагаемые пакеты программного обеспечения. Каждый из пакетов способен наиболее эффективно решать свой комплекс задач – от анализа и оценки наиболее общих системных задач и до обоснования частных инновационных решений применительно к особенностям конкретных агрогородков.

1-й уровень включает систему социально-экономических, производственно-хозяйственных и энергетических показателей агрогородков области, в том числе и энергобезопасности, включая их текущий мониторинг. Базы данных этих показателей выполнены в MS Excel, а для техноценнологической оценки и полномасштабной статистической обработки данных используются расчетные Mathcad-программы [7].

2-й уровень обеспечивает статистический анализ этих показателей, который выполняется методом техноценнологического гиперболического рангового Н-распределения и динамического моделирования ЭСА по аналогии с моделью оптимального управления электропотреблением техноценоза [7].

Разработан состав программного комплекса для моделирования областного энерготехноценоза агрогородков (ЭТЦА-1) Прикладное программное обеспечение выполняет автоматизированную обработку данных взаимосвязанной совокупности ЭСА как целостности региона (области), отвечающей критериям Н-распределения. Программный комплекс обеспечивает разработку обоснованных норм энергопотребления, оценку потенциала энергосбережения агрогородков области и оптимальное динамическое управление энергопотреблением и развитием ЭТА на основе текущего мониторинга и обновления системы обобщающих показателей БД агрогородков. Характерной особенностью метода рангового Н-распределения является возможность анализа отклонения фактических данных от аппроксимированных кривых Н-распределения, что является основанием для углубленной оценки энергобезопасности и комплексного

энергообеспечения, реинжиниринга, а также прогрессивного нормирования энергопотребления конкретных объектов ЭСА.

3-й уровень моделирования поддерживает структурно-функциональный анализ энергетической сети исследуемого агрогородка, планирование и прогнозирование развития ЭСА на основе ценовой политики от поставщиков различных энергоресурсов и социально-экономического развития его секторов.

Для исследования выбран пакет программного обеспечения ENPEP для Windows, версия 2.1, разработанный Аргоннской национальной лабораторией США, состоящий из 10 пакетов ПО, широко использованный во многих странах для энергетического, экономического и экологического анализа энергетических сетей на уровне страны, региона или предприятия [5]. Для поставленной цели принят модуль BALANCE пакета ENPEP.

Энергетическая сеть ЭСА описывается системой типовых расчетных блоков, включающей поставщиков и конечных потребителей энергоресурсов, различные блоки конверсии энергоресурсов и решающие блоки выбора энергоэффективного сочетания энергоресурсов для этих потребителей с учетом среднесрочной перспективы.

Разработана универсальная имитационная модель энергосети типичного агрогородка. Модель разработана для анализа и оценки энергоэкономичного сочетания покупных и местных энергоресурсов, обеспечивающих комплексное энергообеспечение всех секторов конечных потребителей агрогородка. Для расчета энергосети в модель включен перечень первичных видов покупных, местных и собственных энергоносителей и их цены в базовом году; видов возможных энергоисточников, включая государственную систему электро- и газоснабжения и собственные локальные энергогенерирующие установки (биогазовые, когенерационные и др.) Верификация модели, проведенная методом ретроспективного анализа для типичного агрогородка «Дашковка» Могилевского р-на, показала её пригодность для целей имитационного моделирования ЭСА.

4-й уровень моделирования предназначен для структурно-функционального и функционально-стоимостного моделирования ЭСА, обеспечивающего системный анализ, выбор и оценку разрабатываемых инновационных технико-технологических и организационно-технических решений в процессе реинжиниринга ЭСА. Принят пакет ПО ALLFusion Process Modeler (BPwin), который широко используется для моделирования различных бизнес-процессов

Разработана универсальная контекстная энергоинформационная диаграмма IDEF0-модели ЭСА. Диаграмма 1-го уровня включает три основных типа функциональных блоков структурных объектов: энергооборудование с сетями энергоснабжения, информационно-управляющая система (локальная и централизованная) и ремонтно-эксплуатационные службы всех секторов агрогородка.

Дальнейшая декомпозиция блоков модели позволяет компактно описывать особенности структуры и связи блоков, обеспечивая возможности анализа различных проблем ЭСА в режиме «как есть». Оценка разрабатываемых инновационных решений в режиме «как надо» выполняется с использованием алгоритма моделирования реинжиниринга бизнес-процессов ЭСА.

5-й уровень моделирования обеспечивает предпроектный эспресс-анализ энергосберегающих мероприятий. Для этого нами разработан специальный пакет ПО, в котором использован эвристико-кибернетический метод экспертной оценки приоритетности разрабатываемых мероприятий [8]. Он предназначен для автоматизированного расчета энергосберегающих проектов (АРЭП) в процессе анализа энергобаланса и бизнес-планирования энергоэффективности предприятий.

Заключение

Разработанная методология и исследовательский инструментарий на базе комплексного использования пакетов ПО для имитационного моделирования ЭСА обеспечивает:

- всесторонний энергоэкономический анализ, мониторинг и оценку энергобезопасности агрогородков;

- поддержку эффективного энергообеспечения и инновационного развития (реинжиниринга) производственного, социально-культурного и жилищно-коммунального секторов агрогородков;
- создание научно обоснованной нормативной базы энергопотребления и энергоресурсосбережения агрогородков и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. Экономика организаций и отраслей агропромышленного комплекса. Под общей ред. докт. экон. наук академика В. Г. Гусакова. – Минск: Белорусская наука, 2007. – 891 с.
2. Герасимович Л. С. Системный анализ агроэнергетики: авторский курс лекций / Л. С. Герасимович. – Минск: Технопринт, 2004. – 127 с.
3. Герасимович Л. С. Особенности энергообеспечения агрогородков/ Л. С. Герасимович и др. Перспективы и направления развития энергетики АПК: материалы научно-практической конференции 22 – 23 ноября 2007 г. – Минск: БГАТУ, 2007. – с. 46 – 49.
4. Герасимович Л. С. Комплексное энергообеспечение агрогородков Могилевской области / Л.С.Герасимович и др. Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі, 2009, №1, - с.99 – 105.
5. Якушев А.П. Прогнозирование и энергетическое планирование: учебное пособие/ А.П.Якушев. – Минск, БГТУ, 2008. – 136 с.
6. Маклаков С.В. BPwin Erwin CASE-средства разработки информационных систем: книга / С.В.Маклаков. – М: Диалог-МИФИ, 2001. –304с.
7. <http://gnatukvi.ru/ind.html>.
8. Свидетельство РФ об официальной регистрации программы для ЭВМ №200761334 Загр.25.07.2007, Программное обеспечение «Автоматизированный расчет энергосберегающих проектов» (АРЭП), авторы П.А. Костюченко (RU), Л.С. Герасимович (BY), В.В. Кошелев, В.В.Ширишова (BY).

УДК: 621.311

СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ УРОВНЕЙ ВЫСШИХ ГАРМОНИК В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Збродыга В.М., Янукович Г.И., канд. техн. наук, профессор, Сердешнов А.П., канд. техн. наук, профессор

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

С развитием техники и технологий происходит активное внедрение в производство и быт населения электроприемников на базе нелинейных полупроводниковых элементов (устройства силовой электроники, компьютерная техника, частотно регулируемый электропривод, бытовые электроприборы). Такие электроприемники являются генераторами токов высших гармоник и снижают качество электроэнергии в питающей сети, что негативно влияет на работу всех элементов системы электроснабжения. Нелинейные электроприемники имеют большие перспективы роста количества и мощности. Например, в такой экономически развитой стране как США, согласно данным работы [1], с 1980 года по 2005 год удельный вес мощности нелинейных нагрузок возрос в десятки раз (рисунок 1). Для Республики Беларусь в ближайшем будущем также ожидаема подобная тенденция. Например, авторами установлено, что в сельхозпредприятиях Бобруйского района удельный вес мощности нелинейных электроприемников возрос с 2,2% в 1970 году до 5,2% в 2008 году (рисунок 2) и имеет дальнейшие перспективы роста, что позволяет прогнозировать дальнейшее увеличение уровней высших гармоник в системах электроснабжения предприятий. Следовательно, потребуются разработка мероприятий по улучшению качества напряжения.

Удельный вес
мощности, %

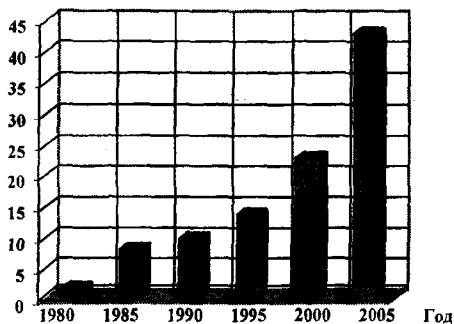


Рисунок 1 – Динамика роста удельного веса нелинейных нагрузок в США

Снижение уровня высших гармоник обеспечивается путем применения специальных корректирующих устройств: 1) линейных дросселей; 2) пассивных фильтров высших гармоник; 3) разделительных трансформаторов; 4) специальных магнитных синтезаторов; 5) активных фильтров высших гармоник.

Простейшим способом снижения уровня генерируемых нелинейными нагрузками высших гармоник тока в сеть является последовательное включение линейных дросселей, которые имеют

малое значение индуктивного сопротивления на основной частоте и значительные величины сопротивлений для высших гармоник, что приводит к их ослаблению.

Применение последовательно включенных линейных дросселей в ряде случаев не обеспечивает желаемого эффекта. Тогда целесообразно применение пассивных резонансных LC-фильтров, настроенных на определенную гармонику. Такие фильтры нашли широкое применение в системах с источниками бесперебойного питания (UPS). Различают следующие разновидности пассивных фильтров: 1) некомпенсированный LC-фильтр; 2) скомпенсированный LC-фильтр; 3) некомпенсированный LC-фильтр с коммутатором. К недостаткам силовых резонансных фильтров относится сложность выбора номинальных параметров фильтровой конденсаторной батареи и реактора, которые должны обеспечивать нормы допустимой нагрузки этих элементов в условиях, когда через них протекают не только токи основной частоты, но и токи высших гармоник. Снижение уровней гармоник при помощи резонансных фильтров требует больших затрат, так как для обеспечения эффективности этого мероприятия необходима установка фильтров высших гармоник начиная с самой меньшей канонической гармоники. Неправильное включение фильтров высших гармоник приводит к резонансным явлениям, что влечёт за собой аварии в системах электроснабжения. Выход из строя фильтра низшего порядка приводит к аварии на резонансных фильтрах более высокого порядка.

Удельный вес
мощности, %

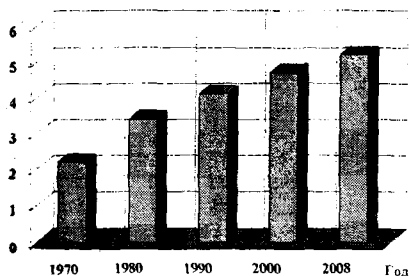


Рисунок 2 – Динамика роста удельного веса нелинейных нагрузок в сельхозпредприятии Бобруйского района

В мировой практике для повышения качества напряжения используют специальные устройства, синтезирующие свое выходное напряжение (магнитные синтезаторы). Магнитный синтезатор подключается последовательно с нелинейной нагрузкой и обеспечивает защиту от провалов и выбросов напряжения, импульсных и высокочастотных помех, наличия высших гармоник, вызывающих искажения синусоидальности формы напряжения, но это устройство достаточно сложное и дорогостоящее.

Современный уровень развития силовых полупроводниковых систем

позволяет для снижения уровня высших гармоник использовать активные фильтры, построенные на модулях IGBT (биполярный транзистор с изолированным затвором). Это многофункциональные устройства, которые также позволяют компенсировать реактивную мощность электросетей, восстанавливать симметрию напряжений и токов трехфазной системы. Активные фильтры гармоник подключаются параллельно нагрузке. Принцип их действия основан на анализе гармоник тока нелинейной нагрузки и генерировании в распределительную сеть таких же гармоник тока, но с противоположной фазой. При этом высшие гармонические составляющие тока нейтрализуются в точке подключения фильтра, не распространяются в сеть и не искажают напряжения первичного источника энергии, который обеспечивает только основную гармонику тока нагрузки. В отличие от резонансных фильтров, активные фильтры подавляют все неосновные составляющие токов сетей в определенном диапазоне частот, в том числе неканонические и низкочастотные составляющие. Силовые активные фильтры для систем с мощными нелинейными электроприемниками могут быть выполнены многотактными, многоуровневыми, каскадными. Недостатком всех типов активных фильтров является то, что на частотах широтно-импульсной модуляции и выше активный фильтр является генератором гармонических составляющих и для их подавления требуется использование RC-цепи.

В экономически развитых государствах мира в распределительных сетях с нелинейными нагрузками относительно небольшой мощности для уменьшения высших гармоник применяются так называемые активные кондиционеры гармоник (АКГ), представляющие собой разновидность активных фильтров. АКГ может быть установлен в любой точке распределительной сети и компенсирует высшие гармоники от одной или нескольких нелинейных нагрузок. При этом различают локальный (индивидуальный), глобальный (общий), многоуровневый (распределенный), каскадный (последовательное включение) и мультикомпенсационный способы снижения гармоник. Недостатком АКГ является то, что он компенсирует гармоники не выше 25-й.

В системах электроснабжения с нелинейными нагрузками для снижения несиноусоидальности напряжения можно применять разделительные трансформаторы со схемой соединения обмоток «треугольник-звезда», «звезда-зигзаг», «звезда-звезда с симметрирующим устройством», которые снижают уровень гармоник, кратных трем. При этом возрастают потери в трансформаторах, что требует увеличения их мощности или применения специальных трансформаторов, которые имеют дополнительную теплоемкость, позволяющую выдерживать нагрев высшими гармониками тока [2]. Кроме того, специальная конструкция такого трансформатора позволяет свести к минимуму потери на вихревые токи и потери из-за паразитной емкости.

В качестве разделительного трансформатора в сельских электроустановках (в составе трехфазных полупроводниковых преобразователей и регуляторов) авторы считают целесообразным применение трансформатора со специальной схемой соединения обмоток У/Д с зигзагом, который компенсирует магнитные потоки высших гармоник в своем магнитопроводе [3]. При этом компенсация будет практически полной, так предлагаемая схема сочетает в себе компенсирующие свойства схем соединения обмоток «зигзаг» и «треугольник», и исключает проникновение высших гармоник в питающую сеть.

В частности, может применяться схема трехфазного выпрямителя [4] с использованием вышеуказанного трансформатора в зарядных устройствах, сварочных агрегатах, установках обеззараживания сельскохозяйственных сред, частотных регуляторах электропривода. Причем, частотное регулирование электроприводов переменного тока позволяет уменьшить расход электроэнергии, повысить КПД и производительность, а также снизить массогабаритные размеры приводного двигателя.

В тех случаях, когда необходимо плавное регулирование напряжения на нагрузке, точное управление режимом нагрузки, высокое быстродействие, применяются тиристорные источники питания. Они могут быть использованы в животноводстве и растениеводстве для питания и управления электрическими и тепловыми режимами электротермических

установок: установок обеспечения микроклимата в помещениях, электрических водонагревателей и котлов, установок для сушки зерна и сена, электронагревателей сопротивления ремонтного производства. В составе трехфазного тиристорного регулятора также целесообразно применение разделительного трансформатора со схемой соединения обмоток У/Д с зигзагом для снижения уровня высших гармоник в питающей сети.

ЛИТЕРАТУРА

1. Влияние нелинейных электропотребителей на условия эксплуатации электроустановок зданий// Colan [Электронный ресурс]. – 2005. – Режим доступа: <http://www.colan.ru/support/artview.php/htm>. – Дата доступа: 06.06.2008.
2. K-Factor Transformers and Nonlinear Loads/ Liebert Corporation. – Liebert Corporation, 1997. – 4 p.
3. Трёхфазный трансформатор: патент 2244 Респ. Беларусь, МКП7 Н 01F 30/12 / А.П. Сердешнов, Г.И. Янукович, Е.А. Сердешнов, Д.Г. Янукович; заявитель УО «БГАТУ». - № 950299; заявл. 09. 06. 95; опубл. 30. 09. 98 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 1998. - №3(18). - С. 216-217.
4. Трёхфазный преобразователь переменного напряжения в постоянное: патент 4506 Респ. Беларусь, МКП7 Н 02М 7/12 / А.П. Сердешнов, Г.И. Янукович, Е.А. Сердешнов, Д.Г. Янукович; заявитель УО «БГАТУ». - № а 19980573; заявл. 16. 06. 98; опубл. 30. 06. 02 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2002. - №2(33). - С. 169.

УДК 621.311

ОПЕРАТИВНЫЕ РАСЧЁТЫ ТЕХНИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ОСНОВНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ЭНЕРГОСИСТЕМ

Золотой А. А. канд. техн. наук, доцент

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

Расчёты технических потерь электроэнергии в электрических сетях регулярно выполняются для контроля эффективности деятельности энергетических предприятий в области экономии топливно-энергетических ресурсов. Отчётными периодами в Объединённой энергетической системе (ОЭС) Беларуси являются месяц, квартал и год. Оперативные расчёты технических потерь электроэнергии выполняются при эксплуатации электрических сетей за более короткие периоды времени — от суток, декады до месяца. Оперативные расчёты технических потерь электроэнергии позволяют выявлять очаги потерь, неучтённых потребителей и факты хищения электроэнергии. Исходной информацией для оперативных расчётов технических потерь электроэнергии являются графики нагрузок потребителей и межсистемных перетоков мощности, а также топология схемы электрической сети с историей всех переключений за расчётный период времени.

К основным электрическим сетям энергосистем относятся сети 35 кВ и выше имеющие как разомкнутую, так и сложноразомкнутую топологию. Наиболее точным и оперативным источником режимных данных в основных электрических сетях является телемеханика. Каналы телеизмерений контролируют режимные параметры наиболее важных элементов схем основных электрических сетей: шин генераторного напряжения всех электростанций; передающих и приёмных концов линий 220 кВ и выше.

Линии 35-110 кВ оснащаются системой телеизмерений в ограниченном объёме. Как правило, это: линии 35-110 кВ, связывающие между собой электрические сети с разной балансовой принадлежностью; местные линии 110 кВ оборудованные системой телеизмерений со стороны присоединения к шинам среднего напряжения

автотрансформаторов 220 кВ и выше; тупиковые линии 110 кВ, в том числе линии с отпайками, мощность головного участка которых, более 30 МВт.

Линии и узлы электрической сети, снабженные каналами телеизмерений, образуют электрически связанные районы — наблюдаемую часть электрической системы. Остальные линии и узлы образуют её ненаблюдаемую часть. Граница между наблюдаемой и ненаблюдаемой частями электрической системы обычно проходит по шинам 35-110 кВ трансформаторных подстанций 220 кВ и выше. Единственным источником информации о режимных параметрах ненаблюдаемой части сети являются сезонные замеры мощностей, выполняемые два раза в год вручную. Как правило, в дни сезонных замеров снимается не более 3 – 4 точек суточного графика.

При малом числе точек наблюдений суточного графика ненаблюдаемой части электрической сети, получить достаточно точную его модель можно только на основе факторного анализа постоянно регистрируемых графиков наблюдаемой части электрической сети.

Так как исходными случайными величинами являются графики мощностей наблюдаемой части сети P_i , Q_i , то и выделенные главные факторы можно интерпретировать как некоторые «обобщенные типовые графики» (ОГ).

В качестве обучающей выборки используются постоянно регистрируемые графики: электрических станций; суммарных нагрузок электрических систем; перетоков по системообразующим линиям; суммарных нагрузок различных отраслей промышленности, регистрируемые сбытовыми подразделениями энергосистем.

На основе представленной обучающей выборки строится матрица выборочных корреляционных моментов $\text{cov}(X)$.

Модели суточных графиков в узле ненаблюдаемой части электрической сети строятся на основе значений мощностей полученных во время сезонных замеров:

$$\left. \begin{aligned} X_{i1} &= M(X_i) + \sum_{r=1}^R \alpha'_{ir} G_{r1} + \varepsilon'_{i1}; \\ X_{i2} &= M(X_i) + \sum_{r=1}^R \alpha'_{ir} G_{r2} + \varepsilon'_{i2}; \\ &\dots\dots\dots \\ X_{iN} &= M(X_i) + \sum_{r=1}^R \alpha'_{ir} G_{rN} + \varepsilon'_{iN}, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где X_i — значения активных P_i и реактивных Q_i мощностей в i -м узле электрической сети; α'_{ir} , α''_{ir} — искомые коэффициенты разложения мощностей P_i и Q_i на заданном классе функций-регрессоров; $M(X_i)$ — математические ожидания мощностей P_i и Q_i . G_{rs} — значения обобщенного типового графика G_r соответствующие моменту замера s ; ε'_{is} , ε''_{is} — остаточные погрешности моделирования, которые предполагаются случайными величинами с параметрами $M(\varepsilon_{is}) = 0$; $\sigma^2_{\varepsilon_{is}} = \text{const} = \sigma^2$.

Отклонения от математических ожиданий узловых напряжений можно выразить через линейную комбинацию обобщенных типовых графиков:

$$\left. \begin{aligned} \Delta U'_i &= \sum_{r=1}^R \gamma'_{ir} G_r; \\ \Delta U''_i &= \sum_{r=1}^R \gamma''_{ir} G_r. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Приближенное выражение потерь электроэнергии в ветви i - j схемы электрической сети имеет вид:

$$\Delta W_{ij} = \left(\Delta P_{ij}(M(U'), M(U'')) + \left(\sum_{r=1}^R (\gamma'_{ir} - \gamma'_{jr})^2 \lambda_r + \sum_{r=1}^R (\gamma''_{ir} - \gamma''_{jr})^2 \lambda_r \right) g_{ij} \right) T \quad (3)$$

Приближённые значения величин $M(U')$, $M(U'')$ могут быть определены из расчёта установившегося режима математических ожиданий мощностей узлов.

УДК 621.311

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Золотой А. А. канд. техн. наук, доцент, Кунцевич А. И.

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

Возмущения нормальных режимов работы сельских электрических сетей с электродвигательной нагрузкой вызывают электромеханические переходные процессы, которые могут приводить к нарушению нормальной работы потребителей. Для правильного выбора и настройки автоматики в узлах подключения к сети электродвигателей требуется знать характер протекания электромеханических переходных процессов при действии различных возмущений. Математическое моделирование электромеханических переходных процессов в сельских электрических сетях осуществляется посредством совместного решения системы алгебраических и дифференциальных уравнений связывающих ток фаз электрической сети с напряжениями и потокоцеплениями статоров и роторов электродвигателей.

Уравнения асинхронных электрических машин для анализа электромеханических переходных процессов записываются с учётом следующих допущений:

1. не учитывается влияние высших пространственных гармоник магнитного поля;
2. не учитывается неодинаковость магнитной проводимости, обусловленная наличием пазов и неравномерностью воздушного зазора машины по расточке статора;
3. не учитываются гистерезис, насыщение и вихревые токи.

Пусть исследуемый асинхронный двигатель присоединен к сети, фазные напряжения которой u_{ca} , u_{cb} , u_{cc} (рис. 1). Напряжение на кольцах ротора u_{pa} , u_{pb} , u_{pc} . Соответственно на рис. 2 показаны токи статора (i_{ca} , i_{cb} , i_{cc}) и ротора (i_{pa} , i_{pb} , i_{pc}) и их положительные направления относительно одноименных зажимов обмоток.

К уравнениям закона Ома и потокоцеплений статора и ротора асинхронной машины применяется преобразование Парка.

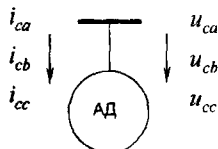


рис. 1

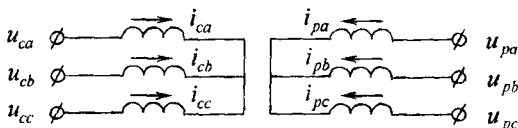


рис. 2

Уравнения закона Ома для фаз статора и ротора в матричной форме имеют вид:

$$\begin{bmatrix} u_{ca} & u_{cb} & u_{cc} \end{bmatrix}^T = r_c \begin{bmatrix} i_{ca} & i_{cb} & i_{cc} \end{bmatrix}^T + \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \psi_{ca} & \psi_{cb} & \psi_{cc} \end{bmatrix}^T; \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} u_{pa} & u_{pb} & u_{pc} \end{bmatrix}^T = r_c \begin{bmatrix} i_{pa} & i_{pb} & i_{pc} \end{bmatrix}^T + \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \psi_{pa} & \psi_{pb} & \psi_{pc} \end{bmatrix}^T. \quad (2)$$

Потокосцепления фаз статора ψ_{ca} , ψ_{cb} , ψ_{cc} и ротора ψ_{pa} , ψ_{pb} , ψ_{pc} могут быть выражены следующими матричными зависимостями:

$$\begin{bmatrix} \psi_{ca} & \psi_{cb} & \psi_{cc} \end{bmatrix}^T = [L_{cc}] \begin{bmatrix} i_{ca} & i_{cb} & i_{cc} \end{bmatrix}^T + [M_{cp}] \begin{bmatrix} i_{pa} & i_{pb} & i_{pc} \end{bmatrix}^T; \quad (3)$$

$$\begin{bmatrix} \psi_{pa} & \psi_{pb} & \psi_{pc} \end{bmatrix}^T = [M_{pc}] \begin{bmatrix} i_{ca} & i_{cb} & i_{cc} \end{bmatrix}^T + [L_{pp}] \begin{bmatrix} i_{pa} & i_{pb} & i_{pc} \end{bmatrix}^T. \quad (4)$$

Матрицы статорного $[A_c]$ и роторного $[A_p]$ преобразований:

$$[A_c] = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} \cos(\theta) & \cos(\theta - 120^\circ) & \cos(\theta + 120^\circ) \\ \sin(\theta) & \sin(\theta - 120^\circ) & \sin(\theta + 120^\circ) \\ 0.5 & 0.5 & 0.5 \end{bmatrix}; \quad (5)$$

$$[A_p] = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} \cos(0) & \cos(-120^\circ) & \cos(120^\circ) \\ \sin(0) & \sin(-120^\circ) & \sin(120^\circ) \\ 0.5 & 0.5 & 0.5 \end{bmatrix}, \quad (6)$$

где θ – угол между магнитными осями фаз статора и ротора.

Применяя преобразования (5) и (6) к уравнениям (1) – (4) получаем уравнения закона Ома и потокосцеплений следующего вида.

Уравнения закона Ома для цепи статора:

$$\left. \begin{aligned} u_{cd} &= r_c i_{cd} + \frac{d\psi_{cd}}{dt} - \omega \psi_{cq}; \\ u_{cq} &= r_c i_{cq} + \frac{d\psi_{cq}}{dt} + \omega \psi_{cd}; \\ u_{c0} &= r_c i_{c0} + \frac{d\psi_{c0}}{dt}. \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Уравнения потокосцеплений статора:

$$\left. \begin{aligned} \psi_{cd} &= L_{ci} i_{cd} + L_{ad} i_{pd}; \\ \psi_{cq} &= L_{ci} i_{cq} + L_{ad} i_{pq}; \\ \psi_{c0} &= L_{c0} i_{c0}. \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Уравнения закона Ома для цепи ротора:

$$\left. \begin{aligned} u_{pd} &= r_p i_{pd} + \frac{d\psi_{pd}}{dt} - \psi_{pq}; \\ u_{pq} &= r_p i_{pq} + \frac{d\psi_{pq}}{dt} + \psi_{pd}; \\ u_{p0} &= r_p i_{p0} + \frac{d\psi_{p0}}{dt}. \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Уравнения потокосцеплений ротора:

$$\left. \begin{aligned} \psi_{pd} &= L_{ad} i_{cd} + L_{pi} i_{pd}; \\ \psi_{pq} &= L_{ad} i_{cq} + L_{pi} i_{pq}; \\ \psi_{p0} &= L_{p0} i_{p0}. \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

Завершает математическую модель асинхронной машины при электрохимических переходных процессах уравнение движения ротора с учетом электромагнитного момента:

$$1.5 L_{ad} (i_{pd} i_{cq} - i_{pq} i_{cd}) - M_{\text{мех}} = J \frac{d\omega}{dt}. \quad (11)$$

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

В. Б. Козловская, Д. А. Гаврилович, О. Н. Перемотова

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

На протяжении многих десятилетий, с тех пор, как были сконструированы и стали широко применяться газоразрядные лампы, казалось, что им нет альтернативы. В настоящее время появилась реальная перспектива широкого использования для организации внутреннего и наружного освещения светодиодных источников света, отличающихся по принципу действия и обладающими значительными достоинствами по сравнению с традиционными газоразрядными лампами.

Светодиод (СД) является полупроводниковым прибором, действие которого основано на явлении испускания фотонов, возникающем в области $p-n$ -перехода. Для СД излучательная прямозонная рекомбинация является физической основой их работы.

Существует три способа получения белого света от СД [3]. Первый – смешивание цветов по технологии *RGB*. На одной матрице плотно размещаются красные, голубые и зеленые СД, излучение которых смешивается при помощи оптической системы, например линзы. В результате получается белый свет. Второй способ заключается в том, что на поверхность СД, излучающего в ультрафиолетовом диапазоне, наносится три люминофора, излучающих, соответственно, голубой, зеленый и красный свет. В третьем способе желто-зеленый или зеленый плюс красный люминофор наносятся на голубой СД, так что два или три излучения смешиваются, образуя белый или близкий к белому свет.

Наиболее широко сегодня СД используются для создания систем подсветки ЖК панелей, для внутреннего и архитектурного освещения, дорожных светофоров, систем световой сигнализации и т.п. Однако с появлением мощных СД стало возможным конструирование на их основе источников света для организации внутреннего и наружного освещения. На рис.1 представлена конструкция и внешний вид мощных светодиодов *Lumileds K2*.

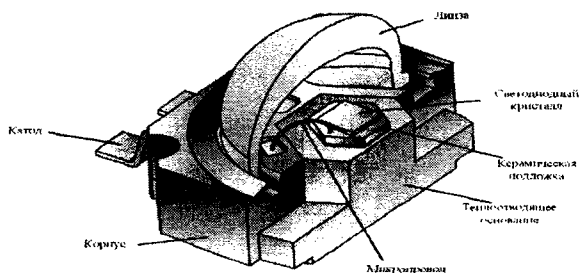


Рис. 1. Конструкции мощных светодиодов *Lumileds K2* (6)

В процессе конструирования световых приборов, предназначенных для работы с СД, следует учитывать следующие особенности их работы: питание светодиодов осуществляется на постоянном токе и низком напряжении; необходимо решить проблему отвода от СД избыточного тепла, т.к. при перегреве СД снижается их световой поток, меняется цвет излучения, резко сокращается срок службы [4]; необходимо создать так называемое вторичное оптическое устройство, нужным образом перераспределяющее световой поток СД; для получения требуемых светотехнических характеристик светового прибора необходима интеграция в одной конструкции нескольких (от одного до нескольких десятков)

СД. При этом обязательным является их соответствие требованиям по электро- и пожаробезопасности, защите от проникновения посторонних предметов, пыли и влаги, удобству монтажа и обслуживания.

К несомненным достоинствам СД следует отнести следующие: СД не имеют никаких стеклянных колб и нитей накаливания, что обеспечивает высокую механическую прочность и надежность (ударная и вибрационная устойчивость); отсутствие разогрева и высоких напряжений гарантирует высокий уровень электро- и пожаробезопасности; безынерционность делает СД незаменимыми, когда требуется высокое быстродействие; небольшие габаритные размеры; долговечность (срок службы может достигать 100 тысяч часов); относительно низкие потребляемые токи и электропотребление; большое разнообразие цветов излучения; возможность регулирования светового потока; СД излучает свет в узкой части спектра, его цвет чист, что особенно ценят дизайнеры, а УФ- и ИК-излучения, как правило, отсутствуют.

Существенными недостатками СД являются: достаточно высокая стоимость; малый световой поток от одного элемента; деградация параметров СД со временем; повышенные требования к питающему источнику.

Выводы:

1. Светодиоды являются более эффективными источниками светового излучения, чем традиционные источники света, обладающие также более высокой механической прочностью и сроком службы.

2. За последние несколько лет в высокоразвитых странах светодиоды вышли на ведущие позиции при производстве светотехнических изделий для внутреннего и внешнего освещения, что говорит о их высокой энергоэффективности и экономической выгоды.

3. Многообразие цветовой гаммы светодиодов все больше делает их конкурентоспособными на рынке светодизайна.

4. По мере развития технологии производства СД и снижении их стоимости можно прогнозировать повсеместное использование СД.

АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Н.Г. Королевич, к.э.н., доцент

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

Основным показателем эффективности использования электроэнергии в сельскохозяйственном производстве является электроёмкость, то есть количество затраченной электроэнергии на производство единицы сельскохозяйственной продукции. Существует обратный ему показатель — электроотдача.

Поскольку расчёт электроёмкости (электроотдачи) по стоимостным показателям связан с необходимостью приведения их к неизменным ценам, а также трудностями в сопоставлении денежных систем, был применён расчёт по отношению к объёму производимой сельскохозяйственной продукции, выраженный через условные зерновые единицы (ЗЕ) [1].

В практике анализа и прогноза сельскохозяйственного производства используются различные коэффициенты перевода продукции в сопоставимое натуральное выражение (условное молоко, кормовые единицы и другие). Нами принята методика, разработанная в Германии, по переводу продукции в условные зерновые единицы. Основным видом сельскохозяйственной продукции в мире считается зерно, поэтому при расчётах паритетных соотношений нами использовался именно этот вид продукции, то есть эквивалентом расчётов считалась одна тонна зерна. Зерновая единица — натуральный показатель продуктивности, позволяющая сопоставить и суммировать животноводческую и растениеводческую продукцию. Перерасчет различных продуктов в зерновые единицы

базируется на величине содержания в них энергии, выраженной в крахмальных единицах, а также на соотношении с показателем чистой энергии зерна. Оценка продукции животноводства основывается на необходимых средних затратах кормов при заданной продуктивности животного, то есть не на содержании в них собственной энергии, а на чистой энергии кормов, которые нужны для их производства.

Перед расчетом показателей эффективности использования электроэнергии нами были проанализированы объемы производства сельскохозяйственной продукции, предварительно переведенные в условные зерновые единицы, и количество потребленной электроэнергии.

Анализ показал, что за исследуемый период (1995–2007 гг.) производство основных видов сельскохозяйственной продукции увеличилось на 24 %. При этом с 1995 . до 2000 гг. происходил спад производства на 9,1 %, после чего в период с 2000 . до 2007 гг. замечен рост данного показателя на 36,5 %.

Углубленное исследование структуры произведенной продукции свидетельствует, что с 1995 . по 2002 гг. наибольший удельный вес в ней занимала животноводческая продукция. В 1995 г. данный показатель имел максимальное значение — 52,6 %. Продукция растениеводческой отрасли в отмеченном году занимала в общем объеме сельскохозяйственной продукции соответственно 47,4 %, что является минимальным значением в исследуемом периоде. Наименьший объем растениеводческой продукции, а именно зерновых, зернобобовых, сахарной свеклы, рапса, а также овощей, плодов и ягод в данном периоде был произведен в 2000 г. — 10,53 млн. т ЗЕ. Причем наибольший удельный вес в структуре данных видов продукции в исследуемом периоде занимали зерновые и зернобобовые культуры — 23,27 %. Однако с 2003 г. ситуация изменяется, и удельный вес продукции растениеводческой отрасли в общем объеме сельскохозяйственного производства превышает удельный вес животноводческой отрасли. Так, в 2004 г. доля растениеводческой продукции в структуре продукции сельского хозяйства имеет наибольшее значение — 54,3 %. Тем не менее, максимальный объем продукции растениеводства за исследуемый период был произведен в 2007 г. — 14,84 млн. т ЗЕ, что привело к повышению удельного веса данной продукции в общей структуре сельскохозяйственного производства до 51,3 %.

Результаты исследования говорят о том, что наименьший объем сельскохозяйственной продукции в республике был произведен в 2000 г. — 21,24 млн. т ЗЕ, а наибольший в 2007 г. — 29 млн.т ЗЕ. Максимальный удельный вес в структуре производства основных видов сельскохозяйственной продукции в 2000 году принадлежал молоку (24,1 %), а в 2007 г. — зерновым и зернобобовым (26,45 %).

Необходимо отметить, что за исследуемый период времени в 2007 году зерновые и зернобобовые культуры впервые заняли лидирующее положение в структуре производства основных видов продукции во всех категориях хозяйств. Так, если в 2000 году было убрано 4944,2 тыс. т ЗЕ зерновых, то в 2007 году — 7255,4 тыс. т ЗЕ, то есть в 1,47 раза больше. Второе место в структуре сельскохозяйственного производства в 2007 году принадлежало молоку (24,58 %), третье — мясу скота и птицы (23,99 %).

Анализируя изменение структуры произведенной продукции сельского хозяйства, можно сделать вывод о том, что рост общего объема сельскохозяйственного производства произошел вследствие позитивного увеличения удельного веса именно растениеводческой продукции: зерновых и зернобобовых (на 3,18 %), кукурузы (1,99 %), мяса (1,64 %), сахарной свеклы (1,57 %), рапса (0,78 %), овощей (0,67 %), молока (0,48 %), плодов и ягод (0,42 %) и рапса (0,11 %).

Исследование объемов потребления электроэнергии с 1995 по 2007 гг. показало, что в различных отраслях динамика данного показателя выглядит по-разному. Так, в промышленности и строительстве за данный период времени произошло увеличение потребления электроэнергии на 4,1 млрд. кВт·ч, то есть на 29,7 %. Это свидетельствует об увеличении электромехки производств, росте автоматизации механических процессов, внедрении роботизации и компьютеризации.

В транспорте с 1995 . по 2002 гг. также происходило увеличение потребления

электроэнергии. За данный период времени оно возросло на 0,4 млрд. кВт·ч или на 22,2 %. Однако с 2003 г. в транспортной отрасли объемы потребления электроэнергии достигли уровня 1995 г. Единственная отрасль народного хозяйства, которая сократила объемы потребляемой энергии, — это сельское хозяйство. Так, в сельском хозяйстве за период с 1995 г. по 2007 гг. произошло снижение потребления электроэнергии на 1,5 млрд. кВт·ч или на 31 %. Если в 1995 г. в сельском хозяйстве республики было потреблено 4,8 млрд. кВт·ч электроэнергии, то в 2007 г. — 3,3 млрд. кВт·ч. Наименьшее значение данного показателя в анализируемый период времени отмечено в 2005 г. — 3,2 млрд. кВт·ч. Именно в 2005 г. в структуре потребления электроэнергии по отраслям народного хозяйства сельскохозяйственная отрасль занимает наименьший удельный вес по сравнению с другими годами.

Наибольший удельный вес в структуре потребления электроэнергии в 2007 г. занимают промышленность и строительство — 49,4 %, наименьший — транспорт — 5 %.

Анализ показателей эффективности использования электроэнергии в сельскохозяйственном производстве за период 1995–2007 гг. показал, что электроёмкость производства продукции снизилась на 44,6 %, продуктивность производства в расчёте на один гектар пашни и посевных площадей возросла в 1,36 раза, а производительность труда в 2007 году по сравнению с 1995 годом увеличилась в 2,4 раза.

Значительное влияние на снижение уровня электроёмкости сельскохозяйственного производства оказало уменьшение интенсивности электрозатрат производства на 24 %, а также незначительное увеличение электровооруженности труда. При этом следует учесть, что при сокращении численности занятого в сельском хозяйстве населения в 2 раза, снижение потребления электроэнергии составило 31 %.

Представленный анализ экономической эффективности использования электроэнергии в сельскохозяйственном производстве показывает, что в 2007 году по сравнению с 1995 годом потребление электроэнергии снизилось, производство сельскохозяйственной продукции увеличилось, и эффективность использования электроэнергии значительно возросла. Показатели 2007 года являются самыми лучшими за весь исследуемый период, что позволяет рассчитывать на еще более высокие результаты в перспективе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кованов С.И., Свободин В.А. Экономические показатели деятельности сельскохозяйственных предприятий: Справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1997. – 304 с.

2. Статистический ежегодник Республики Беларусь / Министерство статистики и анализа Республики Беларусь. – Мн., 2008.

УДК 631.371:621.313

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ УВЛАЖНЕНИЯ ОБМОТОК АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ВО ВРЕМЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАУЗ

Лавинович Е.В., аспирант

УО «Белорусский Государственный Аграрный Технический Университет»
г. Минск, Республика Беларусь

Увлажнение обмотки и как результат пробой изоляции является одной из причин выхода из строя электродвигателя. Анализ известных способов защиты изоляции обмоток электродвигателей от увлажнения показывает, что наилучшую защиту от увлажнения обмоток обеспечивает токовая подсушка малыми токами. Ниже приведены расчеты требуемых напряжения и тока для подогрева обмоток электродвигателей на 3 °С выше окружающей среды.

Номинальные потери в асинхронном двигателе (АД) определяются по формуле

$$\Delta P_{\text{ном}} = P_{\text{ном}} \left(\frac{1 - \eta_{\text{ном}}}{\eta_{\text{ном}}} \right) \quad (1)$$

где $P_{\text{н}}$ – номинальная мощность электродвигателя, Вт;

$\eta_{\text{ном}}$ – номинальный КПД, о.е.

Номинальные потери могут быть представлены в виде суммы двух составляющих потерь, постоянных $\Delta P_{\text{пост}}$ и переменных $\Delta P_{\text{пер}}$.

$$\Delta P_{\text{ном}} = \Delta P_{\text{пост}} + \Delta P_{\text{пер}} = \Delta P_{\text{ном}} \left(\frac{\alpha_n}{\alpha_n + 1} \right) + \Delta P_{\text{ном}} \left(\frac{1}{\alpha_n + 1} \right) \quad (2)$$

где α_n – коэффициент потерь, равный отношению постоянных потерь к переменным потерям при номинальной нагрузке на валу, о.е. Для АД основного исполнения $\alpha_n = 0,5 - 0,7$ [1]. Примем для дальнейших расчетов $\alpha_n = 0,6$.

Из классической теории нагрева электродвигателя известно, что установившаяся температура нагрева обмоток двигателя определяется уравнением

$$\tau_{y, \text{ном}} = \frac{\Delta P_{\text{ном}}}{A_{\text{ном}}} \quad (3)$$

где $\tau_{\text{ном}}$ – установившееся номинальное превышение температуры, °С;

$A_{\text{ном}}$ – номинальная теплоотдача электродвигателя, Дж/°С·с.

Разделив правую и левую часть уравнения (2) на теплоотдачу $A_{\text{ном}}$, получим установившуюся номинальную температуру превышения обмотки статора над окружающей средой в виде двух составляющих. Первая составляющая соответствует температуре от постоянных потерь, а вторая составляющая – от переменных потерь

$$\tau_{y, \text{ном}} = \tau_{\text{пост}} + \tau_{\text{пер}} = \tau_{y, \text{ном}} \left(\frac{\alpha_n}{\alpha_n + 1} \right) + \tau_{y, \text{ном}} \left(\frac{1}{\alpha_n + 1} \right) \quad (4)$$

В уравнении (4) переменные потери в обмотках определяют уравнением

$$\tau_{\text{пер}} = \tau_{y, \text{ном}} \left(\frac{1}{\alpha_n + 1} \right) = \frac{\Delta P_{\text{ном}}}{A_{\text{ном}}} \left(\frac{1}{\alpha_n + 1} \right) \quad (5)$$

Переменные потери состоят из потерь в обмотках статора и ротора, а также добавочных потерь. Последние составляют не более 0,5 % от подводимой к двигателю мощности [2, с.343], и ими можно пренебречь.

Таким образом, в номинальном режиме работы, при номинальной теплоотдаче, обмотка электродвигателя нагревается до температуры $\tau_{\text{пер}}$ за счет переменных потерь.

Во время технологической паузы обмотка двигателя должна нагреваться до температуры τ_c , на 5 – 10 °С превышающей температуру окружающего воздуха за счет потерь ΔP_c , выделенных в обмотках статора [3, с.184]. По аналогии с (5) можно записать

$$\tau_c = \frac{\Delta P_c}{A_0} \cdot \left(\frac{1}{\alpha_n + 1} \right) \quad (6)$$

где ΔP_c – потери в обмотках при профилактическом нагреве, Вт;

A_0 – теплоотдача двигателя при неподвижном роторе, Дж/°С·с.

В этом случае электродвигатель имеет уменьшенную теплоотдачу A_0 в неподвижном состоянии

$$A_0 = \beta_0 \cdot A_{\text{ном}} \quad (7)$$

где β_0 – коэффициент ухудшения теплоотдачи, о.е. Для закрытых обдуваемых электродвигателей β_0 составляет 0,45 – 0,55 [4, с.353]. Примем $\beta_0 = 0,5$.

Подставляя (7) в (6), найдем

$$\tau_c = \frac{\Delta P_c}{\beta_0 \cdot A_{ном}} \cdot \left(\frac{1}{\alpha_n + 1} \right) \quad (8)$$

Подставляя в (8) вместо $A_{ном}$ его значение из (3) и приняв $\alpha_n = 0,6$ и $\tau_{у.ном} = \tau_{доп.ср.}$ найдем потери мощности ΔP_c , требуемые для подогрева обмотки на τ_c (°C) выше окружающей среды

$$\Delta P_c = \frac{\tau_c \cdot \beta_0 \cdot \Delta P_{ном}}{\tau_{у.ном}} \cdot (0,6 + 1) = \frac{\tau_c \cdot 0,5 \cdot \Delta P_{ном} \cdot 1,6}{\tau_{доп.ср.}} = \frac{0,8 \tau_c \cdot \Delta P_{ном}}{\tau_{доп.ср.}} \quad (9)$$

где $\tau_{доп.ср.}$ – среднее допустимое значение температуры изоляции, определяемое классом нагревостойкости изоляции обмоток электродвигателя, °C.

По результатам расчетов определяем потери мощности на подогрев обмотки во время технологической паузы для двигателей 1-ой группы – 6Вт, 2-ой группы – 16 Вт, 3-ей – 45 Вт и 4-ой – 220 Вт.

Требуемый ток подогрева обмотки статора

$$I_{под} = \sqrt{\frac{\Delta P_c}{R_{сх}}} \quad (10)$$

где $R_{сх}$ – сопротивление схемы соединения обмоток статора электродвигателя при профилактическом подогреве, Ом.

Требуемое напряжение подогрева постоянного тока, поступающее от источника постоянного тока

$$U_{под} = U_{сх} + \Delta U_{прое} + \Delta U_{вып} \quad (11)$$

где $U_{сх}$ – напряжение на обмотках двигателя (по рисунку 1), В;

$\Delta U_{прое}$ – падение напряжения в соединительных проводниках при прохождении тока подогрева обмотки, В;

$\Delta U_{вып}$ – падение напряжения в выпрямительном устройстве, В; примем $\Delta U_{вып} = 1,2$ В.

Напряжение на обмотках двигателя

$$U_{сх} = I_{под} \cdot R_{сх} \quad (12)$$

Падение напряжения в соединительных проводниках

$$\Delta U_{прое} = I_{под} \cdot R_{пр} \quad (13)$$

где $R_{пр}$ – сопротивление соединительных проводников кабеля, Ом.

Сопротивление двух соединительных проводников

$$R_{пр} = \rho \frac{2L}{S} \quad (14)$$

где ρ – удельное электрическое сопротивление алюминиевой жилы кабеля при 20°C, Ом·мм²/м; $\rho = 0,027$ Ом·мм²/м;

L – длина соединительного кабеля (от электромагнитного пускателя до электродвигателя), м. Примем максимальное значение $L = 60$ м.

S – сечение проводника, определяемое по допустимому току, мм².

В таблице 1 приведены результаты расчетов по (10) и (11) требуемых напряжений и тока для подогрева обмоток электродвигателей на 3 °C выше окружающей среды.

Таблица 1 Результаты расчетов требуемых напряжений и токов подогрева для асинхронных электродвигателей

Группа электродвигателей (по оси вращения, мм)	Требуемое напряжение для подогрева обмоток электродвигателей на 3 °C		Требуемый ток для подогрева обмоток электродвигателей на 3 °C	
	для отдельных электродвигателей	для группы электродвигателей	для отдельных электродвигателей	для группы электродвигателей
Очень малых (50; 56; 63):		22,55-14,09		0,1-0,49

2-х полюсных	18,95 – 14,38		0,1-0,49	
4-х полюсных	19,48-14,09		0,1-0,4	
6-ти полюсных	22,55-17,1		0,2-0,34	
Малых (71; 80; 90):				
2-х полюсных	15,14 – 11,54	17,92-11,54	0,53-2,37	0,38-2,37
4-х полюсных	15,26-13,24		0,53-1,88	
6-ти полюсных	17,92-13,55		0,38-1,51	
Средних (100; 112; 132):				
2-х полюсных	22,28-12,6	22,28-12,38	2,81-9,38	1,74-9,38
4-х полюсных	21,69-13,27		2,28-9,09	
6-ти полюсных	18,17-12,38		1,74-6,28	
Больших (160; 180; 200; 225; 250):				
2-х полюсных	17,81-9,78	22,21-8,5	10,15-65,76	7,31-65,76
4-х полюсных	17,73-8,5		10,18-63,73	
6-ти полюсных	22,21-10,03		7,31-44,37	

Литература

1. Чиликин М.Г. Общий курс электропривода/: учебник для вузов/ М.Г. Чиликин, А.С. Сандлер. – 6-е изд. – Москва: Энергоиздат, 1981. – 576 с.
2. Справочник по электрическим машинам/: справочник: В2т./Под общ. ред. И.П. Копылова и Б.К. Клокова. Т.1. – Москва: Энергоатомиздат, 1988. – 456 с.
3. Пиотровский Л.М. Электрические машины/: учебник для вузов/ Л.М. Пиотровский. – Изд. 4-ое. – Москва – Ленинград, 1960. – 532 с.
4. Пясталов А.А. Эксплуатация электрооборудования/: учебник для вузов/ А.А. Пясталов, Г.П. Ярошенко. – Москва: Агропрмиздат, 1990. – 287 с.

УДК 631.22:628.8.004.58

СИСТЕМА ЭКСПЛУАТАЦИИ СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Некрасов А.И., д.т.н., ст.н.сотр., Сырых Н.Н., д.т.н., проф.,
Борисов Ю.С. к.т.н., ст.н.сотр.

*Всероссийский НИИ электрификации сельского хозяйства (ВИЭСХ)
Москва, Россия*

Энергетическая стратегия сельского хозяйства на период до 2020 года предусматривает значительно повышение эффективности использования электрифицированной техники и электроустановок в общей задаче технического обеспечения села. Основным действующим нормативным документом, регламентирующим вопросы организации эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве является Система технического обслуживания и ремонта электрооборудования сельскохозяйственных предприятий (ППРЭСх), которая была разработана на основе обобщения результатов исследований, выполненных различными научно-исследовательскими организациями, анализа системы ППР других отраслей экономики, с учетом передового опыта организации ТО и Р электрооборудования в хозяйствах, а также требований инструкций к электрооборудованию заводов-изготовителей.

Разработка и внедрение Системы ППРЭСх имело важное значение для сельского хозяйства, позволило рационально и эффективно организовать эксплуатацию электрооборудования, значительно повысить уровень использования электрифицированной

сельскохозяйственной техники. Выявились также трудности при организации эксплуатации по системе ППРЭСх, связанные с плохим материально-техническим обеспечением работ и не достатком сельских электромонтеров[1, 2].

Основными известными причинами высокой аварийности электрооборудования, работающего в сельском хозяйстве, являются: несоответствие исполнения, применяемых в сельскохозяйственном производстве электрооборудования, условиям окружающей среды; отсутствие надежной защиты электродвигателей от аварийных режимов; грубые нарушения производственным персоналом правил работы на электрифицированных машинах; низкое качество капитального ремонта электродвигателей из-за нарушений технологии ремонта; низкое качество электрической энергии при большой не симметрии и отклонениях напряжения.

Недостатки в системе эксплуатации электрооборудования, возникающие из-за не укомплектованности электротехнических служб кадрами, слабости производственно-технической базы и отсутствия планового обеспечения служб транспортом, материалами, запасными частями, инструментом и приспособлениями для выполнения ремонтно-эксплуатационных работ, необходимые профилактические мероприятия своевременно или вообще не проводятся, что приводит к преждевременному выходу из строя электрооборудования.

Ухудшение экономических показателей сельскохозяйственных предприятий, в первую очередь, отразилось на их энергетическом обеспечении и состоянии службы эксплуатации электрохозяйств. При этом уменьшилось своевременное обновление и замена электрифицированной техники, сократились энергетические службы, а некоторые электрифицированные технологические процессы стали выполняться вручную. Подразделения "Агропромэнерго", в основном составе, прекратили оказание помощи по техническому обслуживанию и ремонту электрооборудования, пришедшим в упадок сельхозпредприятиям.

С уменьшением поступления новой и старением имеющейся техники снижается срок службы и эффективность использования электрооборудования. По этому значительно повышается значимость и необходимость разработки и внедрения новых методов, технических средств и прогрессивных нормативов, направленных на повышение эффективности использования электрооборудования, снижение интенсивности отказов, продление сроков службы электрооборудования и сокращение длительности простоев технологических процессов, при снижении затрат на поддержание электроустановок в работоспособном состоянии.

В современных условиях развития сельского хозяйства проблема надежности электрооборудования приобретает особое значение. Частые отказы в работе электрооборудования и малый срок его службы наносят огромный ущерб сельскохозяйственному производству, создают дефицит в материалах, запасных частях и оборудовании. Существенное повышение значимости и стоимости всех видов энергетических, материальных ресурсов и человеческого труда определяют необходимость повышения эффективности использования средств электрификации, а также влияет на систему его технического обслуживания.

В 2002 г. ВИЭСХом была разработана и одобрена Президиумом РАСХН Концепция развития электрификации сельского хозяйства России, определившая научно обоснованные направления стабилизации и последующего развития сельской электрификации. Важная роль в решении поставленных задач принадлежит развитию и совершенствованию системы технического сервиса сельских электроустановок, от которой в конечном итоге зависит, насколько эффективно будет использоваться и работать имеющиеся, вновь создаваемое и поступающее в сельское хозяйство электрооборудование, а также как будет обеспечена и организована работа многотысячной службы сельских электриков.

Выполненные ВИЭСХом за прошедшее десятилетие теоретические наработки по эксплуатационной тематике (ряд Методических рекомендаций), поступление в сельское

хозяйство новых электродвигателей новых серий RA, 5A и 6A, новых типов защит от аварийных режимов, самонесущих изолированных проводов (СИП) и других электротехнических изделий, а также происходящие структурные изменения в системе организации сельского хозяйства требуют разработки новой, уточненной и дополненной Системы технического обслуживания и ремонта электрооборудования сельскохозяйственных предприятий.

Основой развития технического сервиса электрооборудования сельскохозяйственных предприятий является:

- обоснование перспективной энерго-ресурсосберегающей системы технического обслуживания и ремонта электрооборудования и электроустановок сельских товаропроизводителей;
- разработка и внедрение новых высокоэффективных форм и методов осуществления технического сервиса электрооборудования;
- улучшение работы сохранившихся электротехнических служб сельхозпредприятий и самостоятельных техцентров;
- создание новых структур по выполнению сервисных услуг по техническому обслуживанию и ремонту электрооборудования и электроустановок в системе машинно-технологических станций и на районном (региональном) уровне;
- повышение качества электротехнического оборудования для сельского хозяйства и сервисных услуг путем их сертификации.

Основными звеньями в системе технического сервиса электрооборудования в сельском хозяйстве является ремонтно-эксплуатационная база сельскохозяйственного предприятия (товаропроизводителя) и ремонтно-обслуживающая база на уровне района. На уровне сельхозпредприятия эксплуатационной базой электроэнергетической службы послужит центральная ремонтная мастерская с электроцехом и передвижной электродиагностической лабораторией, а также прифермские ПОСТы электрика, которые должны быть штатно укомплектованы и современно оснащены. На уровне района производственной базой служат предприятия "Агропромэнерго", энергетические подразделения ремонтно - технических предприятий, агротехнических центров, машинно-технологических станций (МТС) или других формирований[3].

В качестве основных задач научного обеспечения системы эксплуатации сельских электроустановок являются.

Разработка новых методов построения эффективной ресурсосберегающей системы технического сервиса электрооборудования, адаптированной к изменяющимся условиям развития АПК.

Разработка оптимальных стратегий технического сервиса и параметров обслуживания электрооборудования, учитывающих его техническое состояние и характер отказов при многоукладности развития сельскохозяйственного производства.

Разработка требований и обоснование комплекса показателей эксплуатационной надежности и эффективности использования систем электрооборудования и электроустановок нового поколения в условиях сельскохозяйственного производства, обеспечивающих высокий уровень стабильности выполнения технологических процессов. реализацию и внедрение новых электрифицированных технологий в АПК.

Разработка нормативно-технической документации по обоснованию организационной формы, структуры и оснащения подразделений электротехнического сервиса в системе машинно-технологических станций.

Разработка и исследование новых методов и технологий технического обслуживания и ремонта электрооборудования и электроустановок, оценки его технического состояния и прогнозирования остаточного ресурса с применением методов и средств диагностики.

Разработка и исследование новых методов и средств защиты автоматизированных электроприводов сельскохозяйственных машин и оборудования от аварийных режимов с учетом защитных характеристик устройств и их стоимостных показателей, возможностей

настройки и регулировки, качества напряжения сети.

Разработка нормативно-технической документации по сертификации нового и отремонтированного электрооборудования и электроустановок, электромонтажных и пусконаладочных работ с номенклатурой электротехнических изделий электроустановок, технологий и сервисных услуг, подлежащих сертификации.

Разработка нормативно-технической документации по обоснованию организационно-экономических отношений между сельским товаропроизводителем, изготовителем электротехнического оборудования, электроснабжающими организациями и организациями энергетического сервиса.

Обоснование информационного обеспечения системы сервиса электрооборудования сельских товаропроизводителей с определением содержания и объемов, хранения и передачи информации в структуре внутренних и внешних информационных потоков, управление всем процессом технического сервиса электрооборудования от его приобретения и монтажа, проведения профилактических мероприятий и ремонтов до списания.

Создание эффективной системы эксплуатации электрооборудования и электроустановок позволит снизить потребность в трудовых ресурсах и материалах на эксплуатационные нужды на 15 - 20%, снизить энергоемкость производства за счет организационно-технических мероприятий не менее чем на 10%, обеспечить высокопроизводительное использование электрифицированной техники и увеличить выпуск сельскохозяйственной продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Энергетическая стратегия сельского хозяйства России на период до 2020 года. - М.: ГНУ ВИЭСХ, 2009. - 64 с.
2. Система планово-предупредительного ремонта и технического обслуживания электрооборудования сельскохозяйственных предприятий/Система ППРЭсх/. - М., ВО Агропромиздат, 1987. - 191с.
3. Некрасов А.И. Развитие эффективной системы технического сервиса сельских электроустановок //Техника в сельском хозяйстве, 2005, №2, с. 27-28.

УДК 621.314.2.027

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ ТРАНСФОРМАТОРА У/УнСУ

Протосовицкий И.В., канд. техн. наук, доцент, Янукович Г.И. канд. техн. наук, проф.

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

Трансформаторы сельских электрических сетей имеют, в основном, схему соединения обмоток У/Ун. Большинство из них работают с неравномерной нагрузкой фаз, что приводит к искажению системы фазных напряжений и дополнительному нагреву ферромагнитных частей трансформаторов вследствие появления потоков нулевой последовательности.

Для искажения этих потоков используется трансформатор со схемой соединения обмоток У/УнСУ. В данном трансформаторе потоки нулевой последовательности компенсируются обмоткой, которая выполнена в виде бандажа поверх обмоток высшего напряжения и охватывают одновременно три обмотки. Данная обмотка с одной стороны, с одной стороны, экранирует поверхность высшего напряжения, с другой стороны, протекание по нему тока нулевого провода влияет на температурный режим трансформатора. Поэтому возникла необходимость проверки степени влияния данной обмотки на изменение температуры основных его элементов.

Лабораторные исследования проводились на стандартном трансформаторе ТМ-25/10. Нагрев трансформатора проводился методом непосредственной нагрузки. Для исследования температурного поля трансформатора в зависимости от тока в нулевом проводе был взят

наиболее тяжелый режим, когда ток в одной фазе изменялся от нуля до номинального фазного, в других оставался неизменным и равнялся номинальному фазному.

Исследования температурных полей показали, что наличие обмотки при симметричной нагрузке, практически изменения температурного поля не вызывает. При глубокой несимметрии обмотка позволяет снизить температуру перегрева обмотки и магнитопровода на 11°C , масла $10,8^{\circ}\text{C}$, бака $8,6^{\circ}\text{C}$. При этом температура всех элементов трансформатора значительно ниже регламентированных ГОСТ 11677-85. Следовательно, ожидать ускоренного старения изоляции вследствие наличия обмотки не приходится. Это может быть объяснено следующими причинами:

во-первых, сама обмотка разделяет масло на два потока в пространстве между баком и обмоткой высшего напряжения, что создает условие к ускоренному движению масла между обмотками высшего напряжения и данной обмоткой. А это, в свою очередь, способствует более интенсивному теплообмену и компенсирует ухудшение теплоотдачи экранированных обмоток;

во-вторых, из-за отсутствия потоков нулевой последовательности не разогреваются ферромагнитные части трансформатора, особенно бак.

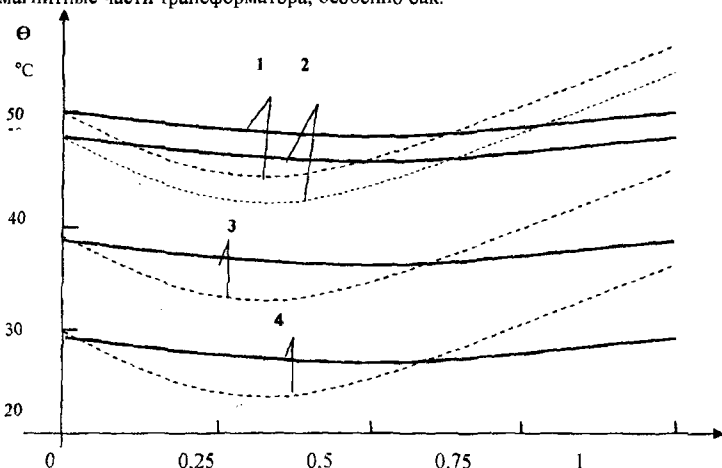


Рис.1. Зависимость температур перегрева трансформатора ТМ-25/10 от тока в нулевом проводе с выполненной обмоткой —; и без нее -----;
1-обмотка; 2- масло; 3-магнитопровод; 4-бак.

Загрузка трансформатора в аварийных режимах осуществлялась согласно Правилам технической эксплуатации электроустановок потребителя. Для приближения условий работы трансформатора к реальным на трансформатор, нагретый до установившейся температуры в номинальном режиме, подавался ток выше номинального, который и являлся током перегрузки.

По данным экспериментов, анализ результатов температур перегрева от времени перегрузки в несимметричном режиме, показал, что обмотка практически не влияет на температурное поле трансформатора, так как изменяет ее в пределах от $-3,5^{\circ}\text{C}$ до $+1^{\circ}\text{C}$ в зависимости от перегрузки и элемента трансформатора. При симметричных аварийных режимах обмотка на температурное поле не влияет.

ТРАНСФОРМАТОРНЫЕ ПОДСТАНЦИИ 10/0,4 КВ С КОМПАКТНЫМИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ С ЭЛЕГАЗОВОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ НА ВЫСШЕМ НАПРЯЖЕНИИ

Радкевич В.Н., Славович В.В.

УО «Белорусский национальный технический университет»

г. Минск, Республика Беларусь

Развитие существующих и появление новых коммунально-бытовых, промышленных и сельскохозяйственных объектов, расширение области применения электроэнергии, а также повышение требований к качеству и надежности электроснабжения как новых, так и действующих потребителей связано с необходимостью дальнейшего развития систем электроснабжения и принятия новых технических решений. Уже давно ведется разработка и освоение различных конструкций трансформаторных подстанций (ТП) с закрытым распределительным устройством (РУ) 10 кВ, смонтированным из отдельных блоков повышенной заводской готовности. На сегодняшний день потребители электроэнергии получили возможность если не широкого, то достаточно большого выбора типов подстанций напряжением 10/0,4 кВ для различных условий строительства и эксплуатации. Одними из наиболее перспективных подстанций, среди разработанных на данный момент, являются блочные комплектные трансформаторные подстанции (БКТП) и киосковые ТП 10/0,4 кВ с установленным в них современным электрооборудованием. Они удовлетворяет всем возможным требованиям, предъявляемым к подстанциям для электроснабжения промышленных, городских и сельских потребителей электроэнергии. Большим преимуществом этих ТП является многообразие исполнений и габариты. Распределительное устройство на 10 кВ в них реализовано с использованием малогабаритных комплектных РУ с элегазовой изоляцией (КРУЭ). Благодаря этому решению и применению компактных щитов низкого напряжения, удалось сократить площадь, занимаемую двухтрансформаторной подстанцией, с единичной мощностью трансформатора до 630 кВ·А, с 35...70 м² до 10...21 м² (размеры зависят от принятой компоновки и числа присоединений ТП).

Ячейки КРУЭ имеют газонепроницаемый корпус из нержавеющей стали, в котором в среде элегаза установлена вся токоведущая и коммутационная аппаратура. Они имеют модульную конструкцию, и таким образом в одном блоке с общей изоляцией может находиться до пяти присоединений. Используется одинарная система сборных шин. Надежность РУ, в основном, зависит от надежной работы встроенного в него комплектующего оборудования. Основным аппаратом, определяющим технические данные ячейки, является выключатель. В КРУЭ могут применяться как трехпозиционные переключатели поворотного типа, выполняющие функции выключателя нагрузки (ВН), разъединителя и заземлителя, так и силовые выключатели, которые могут быть элегазовые или вакуумные. Для защиты трансформатора возможно использование комбинации ВН с предохранителем, либо силового выключателя с устройством релейной защиты. Приводы трехпозиционного переключателя и силового выключателя смонтированы снаружи газового резервуара в закрытом лицевой панелью отсеке и легкодоступны для внешнего осмотра. Все приводы снабжены механическими индикаторами положения и необходимой системой блокировок, препятствующих неверным действиям обслуживающего персонала. Также надежность РУ зависит и от функциональных возможностей оборудования вспомогательных цепей. Так для контроля напряжения на кабельном присоединении предусмотрены емкостные указатели напряжения. Применяются указатели токов короткого замыкания, представляющие собой электромагнитные датчики, установленные во вторичной цепи и встроенные в кабельный отсек трансформаторов тока. Они позволяют легко определять участки кабельной сети, в которых произошло короткое замыкание. Это существенно сокращает время поиска повреждения и восстановления электроснабжения. Фронтальный

доступ к кабельному отсеку облегчает задачу при монтаже кабельных присоединений, а наличие специальных втулок для кабелей из сшитого полиэтилена снижает возможность неправильного их подключения, которое может привести к опасным последствиям, вплоть до выхода из строя всего РУ. Установка электронных микропроцессорных защит и автоматики, современных приборов учета и контроля электроэнергии повышает качество и надежность электроснабжения.

Распредустройства с элегазовой изоляцией не требуют проведения каких-либо ремонтных работ в течение всего срока службы (не менее 25 лет). Они безопасны в обслуживании, так как не имеют открытых токоведущих частей, и к ним не требуется доступ при проведении различных эксплуатационных работ. Оперативное обслуживание таких КРУЭ может выполняться одним человеком, в то время как на более старом оборудовании все операции должны были проводиться бригадой как минимум из двух человек. Снижена пожарная опасность помещения ТП, так элегаз не горит и не поддерживает горения. Существенно улучшились условия окружающей среды вследствие экранирования электромагнитного поля, уменьшения радиопомех и шумовых нагрузок при работе выключателей в данных КРУЭ.

Основные технические характеристики КРУЭ фирм ABB, Siemens, Schneider Electric и «ПО Элтехника», которые применяются в рассматриваемых ТП:

- номинальное напряжение – до 10 кВ;
- силовые выключатели: номинальный ток – 630 А, ток отключения – 21 кА;
- выключатели нагрузки: номинальный ток и отключающая способность – 630 А;
- система подключения кабелей рассчитана на токи до 630 А.

К сожалению КРУЭ имеют ряд недостатков. Так из-за герметичности ячейки проведение ремонтных работ на выключателе или его замена невозможна. По причине того, что элегаз закачан в корпус РУ под избыточным давлением около 0,2 МПа, необходим контроль его уровня (утечка 0,1 % в год), а в случае нарушения герметичности всего блока возникают некоторые сложности по ликвидации повреждения, что может привести к большим материальным затратам. Элегаз имеет относительно высокую температуру сжижения, что влечет за собой ограничение нижних рабочих температур окружающего воздуха. На сегодняшний день существует проблема, связанная с утилизацией элегазового оборудования на территории Республики Беларусь.

Выводы

1. Выполнен обзор и анализ основных технических характеристик, конструктивных особенностей, достоинств и недостатков трансформаторных подстанций 10/0,4 кВ с использованием компактных распределительных устройств с элегазовой изоляцией на напряжение 10 кВ.

2. Трансформаторная подстанция с использованием компактных распределительных устройств обладает рядом преимуществ перед другими ТП с типовыми РУ 6-10 кВ и является одним из самых предпочтительных вариантов для применения в системах электроснабжения особо ответственных и крупных потребителей.

УДК 621.316.176:621.311.153

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМУМА ПОТРЕБЛЯЕМОЙ МОЩНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБЪЕКТА

Радкевич В.Н., Трифонова О.А.

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

В соответствии с правилами пользования электрической энергией для потребителей с присоединенной мощностью 250 кВ·А и более, за исключением лечебных учреждений, учреждений культуры, просвещения и социального обеспечения, независимо от их форм

собственности и видов хозяйственной деятельности, энергоснабжающая организация устанавливает предельно допустимую величину потребляемой активной мощности в часы максимальных нагрузок энергосистемы. Потребитель вправе, по согласованию с энергоснабжающей организацией, корректировать заявленную получасовую мощность, но не позднее, чем за десять дней до начала расчетного периода. При превышении договорных величин мощности потребитель уплачивает энергоснабжающей организации десятикратную стоимость активной мощности, израсходованной сверх количества, предусмотренного на расчетный период договором. Поэтому весьма важно правильно оценить заявляемую величину активной мощности потребителя в период больших нагрузок энергосистемы. Неправильная оценка заявленной получасовой мощности потребителя влечет за собой дополнительные неоправданные денежные затраты на энергообеспечение, что на производственных объектах неизбежно приводит к увеличению энергетической составляющей себестоимости выпускаемой продукции.

Для определения заявляемой потребителем активной получасовой мощности, участвующей в максимуме нагрузки энергосистемы, должна быть разработана инженерная методика, удобная для практического применения. Задача сводится к анализу значений фактически потребляемой активной мощности производственного объекта в часы максимума нагрузки энергосистемы и прогнозированию на этой основе величины максимальной потребляемой мощности. Достоверность прогнозируемого значения максимума мощности конкретного производственного объекта зависит от имеющейся статистической информации о его электропотреблении в часы максимума нагрузки энергосистемы. С этой целью на предприятии целесообразно осуществлять мониторинг электрической нагрузки, тщательно и систематически производить сбор исходных данных на основе измерений получасовой нагрузки объекта.

При прогнозировании максимальной мощности потребителя электроэнергии следует учитывать располагаемую мощность источника питания энергосистемы и пропускную способность питающих линий электропередачи. Необходимо также учесть планируемые к внедрению в расчетном периоде мероприятия по энергосбережению и выравниванию суточного графика электрической нагрузки, наличие на производственном объекте собственных генерирующих источников и режимы их работы.

Для прогнозирования максимальной активной получасовой нагрузки производственного объекта могут использоваться различные методы: регрессионный, удельных расходов электроэнергии, вероятностно-статистический и др.

Другой причиной, побуждающей необходимость систематического контроля величины потребляемой мощности производственного объекта в период максимальных нагрузок энергосистемы, является применяемая система тарифов на электроэнергию.

На производственных объектах разного назначения с присоединенной мощностью 750 кВт·А и выше для расчетов за электроэнергию применяются двухставочные тарифы. При этом необходимо фиксировать потребляемую максимальную активную мощность объекта в часы максимальных нагрузок энергосистемы и количество израсходованной электроэнергии за расчетный период. Договорная величина активной мощности, участвующей в максимуме нагрузки энергосистемы, периодически контролируется электроснабжающей организацией по фактическому средневзвешенному получасовому максимуму нагрузки потребителя по показаниям приборов учета. Электроснабжение промышленных предприятий, как правило, осуществляется по нескольким питающим линиям, работающим раздельно. В этом случае за расчетную максимальную нагрузку предприятия принимается совмещенный максимум нагрузки в часы наибольших нагрузок энергосистемы. Для его определения необходимо устанавливать специальное устройство, суммирующее нагрузки питающих линий (сумматор), или применять автоматизированную систему контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ). В реальных условиях работы на многих производственных объектах такие приборы и системы учета электропотребления отсутствуют.

При питании потребителя по двум и более линиям напряжением 6 - 10 кВ результирующая максимальная нагрузка предприятия, не имеющего АСКУЭ, может быть

определена суммированием максимумов нагрузок отдельных питающих линий с учетом коэффициента одновременности. Для этого на основе инструктивных материалов по определению фактических значений основных параметров электропотребления разработана методика, по которой можно рассчитывать коэффициент одновременности. Расчет коэффициента одновременности производится по результатам измерений получасовых расходов электроэнергии для каждой питающей линии в часы максимума энергосистемы. При этом учитываются режимы работы собственных генерирующих источников производственного объекта.

Применение коэффициента одновременности для оценки совмещенного максимума активной мощности предприятия в часы наибольших нагрузок энергосистемы способствует повышению точности расчетов за электропотребление с энергоснабжающей организацией.

УДК 631:628.8

ВЫБОР И АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ТЕПЛОБЕСПЕЧЕНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Расстригин В.Н., профессор, д-р техн. наук, Тихомиров Д.А., канд. техн. наук

ГНУ ВИСХ
г. Москва, Россия

Животноводческие предприятия являются крупными потребителями тепловой энергии. Поэтому важным является обоснование выбора наиболее эффективной системы теплообеспечения по технико-экономическим показателям, влияющей на эффективность животноводческого предприятия в целом. Применяемые системы теплообеспечения животноводческих объектов базируются на использовании твердого, жидкого и газообразного видов топлива, а также электрической энергии.

Выбор систем теплообеспечения осуществляется путем технико-экономического сравнения различных вариантов их использования и определения наиболее эффективного по минимуму приведенных затрат. В данном случае технико-экономическое обоснование по выбору системы теплообеспечения проводилось на примере животноводческой фермы крупного рогатого скота (КРС) молочного направления на 400 голов привязного содержания (ТП 801-01-5), как наиболее представительного объекта, в котором имеются практически все тепловые технологические процессы, связанные с производством и обработкой молока.

По данным (ТП 801-01-5), в соответствии с существующей методикой, были определены расчетным путем полезная мощность 499 кВт и полезный годовой расход энергии 760000 кВт·ч для фермы в целом.

На примере молочно-товарной фермы на 400 голов рассмотрены два типа систем теплообеспечения: с использованием центральных котельных, расположенных на территории фермы и децентрализованного теплового оборудования. В зависимости от вида энергоносителя проанализировано четыре варианта систем: теплообеспечение с использованием твердого, жидкого и газообразного топлива и электроэнергии.

Общие потери теплоты в системах теплообеспечения объектов определены с помощью коэффициента полезного использования в них энергии ($\eta_{\text{кпиз}}$), который равен:

$$\eta_{\text{кпиз}} = \eta_{\text{хр}} \cdot \eta_{\text{к}} \cdot \eta_{\text{рег}} \cdot \eta_{\text{мс}} \cdot \eta_{\text{теу}}$$

где $\eta_{\text{хр}}$ - потери при хранении топлива; $\eta_{\text{к}}$ - потери теплоты на собственные нужды в котельной; $\eta_{\text{рег}}$ - потери теплоты при регулировании; $\eta_{\text{мс}}$ - потери теплоты в тепловых сетях; $\eta_{\text{теу}}$ - потери теплоты в теплогенерирующих (теплопотребляющих) установках в объекте теплообеспечения.

Расчеты показали, что среднее значение $\eta_{\text{кпиз}}$ для рассмотренных систем теплообеспечения на базе котельных с разными энергоносителями составляет при использовании газа - 0,48, жидкого топлива - 0,43 и твердого топлива - 0,26. Однако при децентрализованной системе электротеплообеспечения (без котельных и теплотрасс) КПИ электротеплового оборудования

фактически соответствует его КПД и может быть принят равным 0,95.

Выбор энергетического оборудования осуществлен согласно определенным расчетами установленной мощности для каждого технологического процесса и отдельных помещений.

Технико-экономическое обоснование различных систем теплообеспечения животноводческой фермы выполнено по критерию минимума удельных приведенных затрат на 1 кВт·ч полезной энергии с применением центральных котельных и систем теплообеспечения децентрализованного типа, когда теплогенерирующее оборудование размещается в пристройках к зданиям, а теплопотребляющие установки размещаются непосредственно в местах потребления теплоты.

Определены удельные стоимостные и приведенные затраты на получение и использование полезной тепловой энергии в различных системах теплообеспечения.

Технико-экономический анализ результатов расчета по приведенным затратам различных систем теплообеспечения позволяет сделать следующие выводы.

1. Наиболее эффективны системы и технические средства теплообеспечения децентрализованного типа, т.к. удельные приведенные затраты на 1 кВт·ч полезной энергии в котельных примерно в 2 раза выше, чем в децентрализованных системах теплообеспечения, особенно электрических, при снижении энергозатрат на 30% и капитальных вложений в 1,5-2 раза.

2. Среди систем теплообеспечения децентрализованного типа наиболее эффективны газовые системы (при наличии газовых сетей) и системы электротеплообеспечения. Менее эффективны системы на жидком топливе (соляровое масло) и худший вариант – на твердом топливе, применение которого весьма затруднительно по техническим причинам и условиям эксплуатации.

3. Затраты на получение и использование 1 кВт·ч тепловой энергии в 3-4 раза выше, чем просто на ее производство. Поэтому выбор и оценку систем теплообеспечения и энергоносителя следует производить по удельным приведенным затратам на получение и использование 1 кВт·ч полезной тепловой энергии, а не по стоимости получения энергии, как это иногда делают на практике.

Проведенные нами исследования и практический опыт показали, что использование электрической энергии и газа в тепловых процессах животноводческих ферм в сравнении с топливными системами и тепловым оборудованием, работающем на твердом и жидком топливе, является наиболее эффективным, так как в большей степени способствует повышению производительности труда, увеличению производства продукции и снижению ее энергоемкости и себестоимости. Определено, что электрические системы и электротепловое оборудование эффективнее применять для сельскохозяйственных потребителей с тепловой нагрузкой до 100...400 кВт. К тому же электрические системы теплообеспечения более совершенны технически и с точки зрения сохранения благоприятной экологической обстановки.

УДК 621.316:631.371

МЕТОД ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Русан В.И., докт. техн. наук, проф., Пухальская О.Ю.

УО "Белорусский государственный аграрный технический университет"

УО "Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого".

г. Гомель, Республика Беларусь

Возросшие требования потребителей АПК к надежности электроснабжения могут быть обеспечены разработкой и внедрением мероприятий по повышению надежности. Для выбора и обоснования этих мероприятий необходима методика расчета следующих показателей:

- 1) количества внезапных отключений потребителя (частоты отказов), шт/год;
- 2) средней продолжительности одного отключения (длительности перерыва), ч.

Расчет количества внезапных отключений потребителей сельскохозяйственного назначения основан на разделении электрической цепи "источник питания – потребитель" (см. рисунок 1) на элементы, методы расчета которых одинаковы: линия электропередачи (ЛЭП) 110(35) кВ, подстанция (ПС) 110(35)/10 кВ, воздушная линия (ВЛ) 10 кВ, трансформаторная подстанция (ТП) 10/0,4 кВ и ВЛ 0,38 кВ.

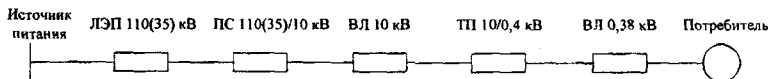


Рисунок 1 – Элементы цепи "источник питания – потребитель"

Тогда количество внезапных отключений потребителя за год

$$N = N_{\text{ВЛВ}} + N_{\text{ПС}} + N_{\text{ПС10}} + N_{10} + N_{\text{ТП}} + N_{\text{ВЛН}}, \quad (1)$$

где $N_{\text{ВЛВ}}$, $N_{\text{ПС}}$, $N_{\text{ПС10}}$, N_{10} , $N_{\text{ТП}}$, $N_{\text{ВЛН}}$ – количество внезапных отключений потребителя из-за повреждений соответственно на ЛЭП 110(35) кВ и в распределительном устройстве (РУ) 110(35) кВ присоединенных к ней ПС; в трансформаторе питающей потребителя ПС 110(35)/10 кВ и в ее РУ 10 кВ; на питающей потребителя ВЛ 10 кВ; в ТП 10/0,4 кВ, к которой подключен потребитель; на питающей потребителя ВЛ 0,38 кВ.

Расчет вероятной продолжительности отключения потребителя по каждому элементу цепи "источник питания – потребитель" выполнен на основании моделирования действий оперативного и ремонтного персонала электрических сетей. Значение средней продолжительности одного внезапного отключения потребителя определяется по формуле

$$\tau = \frac{N_{\text{ВЛВ}} \cdot \tau_{\text{ВЛВ}} + N_{\text{ПС}} \cdot \tau_{\text{ПС}} + N_{\text{ПС10}} \cdot \tau_{\text{ПС10}} + N_{10} \cdot \tau_{10} + N_{\text{ТП}} \cdot \tau_{\text{ТП}} + N_{\text{ВЛН}} \cdot \tau_{\text{ВЛН}}}{N}, \quad (2)$$

где $\tau_{\text{ВЛВ}}$, $\tau_{\text{ПС}}$, $\tau_{\text{ПС10}}$, τ_{10} , $\tau_{\text{ТП}}$, $\tau_{\text{ВЛН}}$ – средние продолжительности внезапных отключений потребителя при повреждении соответственно на ВЛ 110(35) кВ и в РУ 110(35) кВ присоединенных к ВЛ ПС 110(35)/10 кВ; в трансформаторе 110(35)/10 кВ ПС и в тех элементах его присоединения, повреждения которых не приводят к отключению ВЛ 110(35) кВ; в РУ 10 кВ ПС 110(35) кВ; на ВЛ 10 кВ; на тех элементах оборудования ТП 10/0,4 кВ, повреждения которых не приводят к отключению ВЛ 10 кВ; на ВЛ 0,38 кВ, питающей рассматриваемого потребителя;

$N_{\text{ВЛВ}}$, $N_{\text{ПС}}$, $N_{\text{ПС10}}$, N_{10} , $N_{\text{ТП}}$, $N_{\text{ВЛН}}$ – см. пояснения к формуле (1).

С учетом показателей надежности, рассмотренных выше, суммарная продолжительность отключений потребителя в год, ч/год

$$\tau_{\Sigma} = N \cdot \tau, \quad (3)$$

где N , τ – см. формулы (1), (2).

Для отдельных потребителей Гомельского сельского РЭС можно предложить следующие мероприятия по повышению надежности электроснабжения [1]:

1. замена неизолированных проводов на самонесущие изолированные провода на участках ВЛ 10 кВ, проходящих через лес;
2. замена неизолированных проводов на изолированные для ВЛ 0,4 кВ, питающих потребителя;
3. применение в ТП 10/0,4 кВ на стороне 10 кВ местного автоматического ввода резерва (АВР).

По предложенной выше методике были рассчитаны основные показатели надежности электроснабжения потребителя для существующих схем электроснабжения и в случае внедрения предложенных мероприятий.

Для ВЛ 10 кВ наибольшую целесообразность имеет замена неизолированных проводов на изолированные на участках линий, проходящих через лес, т. к. на них происходит наибольшее количество повреждений. Применение изолированных проводов позволяет сократить количество отключений из-за повреждений на ВЛ 10 кВ N_{10} и, соответственно, общее количество отключений. Результаты расчета данного мероприятия представлены в таблице 1.

На ВЛ 0,4 кВ в качестве мероприятия по повышению надежности электроснабжения также предлагается заменить провода на самонесущие изолированные по всей длине линии. Применение изолированных проводов позволяет сократить количество отключений из-за повреждений на питающей потребителя ВЛ 0,4 кВ $N_{ВЛ}$ и, соответственно, общее количество отключений. Результаты расчета данного мероприятия представлены в таблице 1.

Для пяти проходных ТП предложено применить местный АВР на стороне 10 кВ. В этом случае сократится количество отключений из-за повреждений на ВЛ 10 кВ N_{10} и, соответственно, общее количество отключений, а также средняя продолжительность одного отключения τ_{10} . Снижение N , τ_x и доли N_{10} в общем количестве отключений представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты внедрения предложенных мероприятий по повышению надежности электроснабжения потребителей АПК Гомельского РЭС, отн. ед.

Мероприятие по повышению надежности электроснабжения потребителей	Снижение количества внезапных отключений потребителей	Снижение суммарной продолжительности внезапных отключений потребителя в год	Снижение доли отключений из-за повреждений на ВЛ 10 кВ	Снижение доли отключений из-за повреждений на ВЛ 0,4 кВ
Замена на участках ВЛ 10 кВ, проходящих через лес, неизолированных проводов на изолированные	1,21	1,27	1,07	–
Замена неизолированных проводов на изолированные для ВЛ 0,4 кВ	1,05	1,06	–	5,60
Применение в ТП 10/0,4 кВ на стороне 10 кВ местного АВР	2,21	2,08	5,67	–

Величина ожидаемого ущерба потребителей сельскохозяйственного назначения от перерывов электроснабжения

$$Y_n = y_0 \cdot \Delta W_n, \quad (4)$$

где y_0 – удельный ущерб от недоотпуска электроэнергии рассматриваемому потребителю, руб./кВт·ч;

ΔW_n – годовой недоотпуск электроэнергии потребителю от внезапных перерывов электроснабжения, кВт·ч.

Сведения о величинах удельного ущерба y_0 взяты из [2] и скорректированы с учетом изменения цен после 1991 г.

Ожидаемый годовой недоотпуск электроэнергии потребителю от внезапных перерывов электроснабжения рассчитывается по формуле

$$\Delta W_n = \frac{W_n}{8760} \cdot N \cdot \tau, \quad (5)$$

где W_a – величина годового потребления активной электрической энергии рассматриваемым потребителем, кВт·ч;

N – количество внезапных отключений потребителя в год, откл./год;

τ – средняя продолжительность одного внезапного отключения, ч.

Снижение ущерба от недоотпуска электроэнергии при перерывах электроснабжения потребителей АПК в результате внедрения мероприятий по повышению надежности, предложенных выше, в зависимости от коэффициента загрузки ТП 10/0,4 кВ, питающих потребителей, представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Снижение ущерба от перерывов электроснабжения потребителей сельскохозяйственного назначения

Коэффициент загрузки ТП	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9
Мероприятие	Замена неизолированных проводов на самонесущие изолированные на участках ВЛ 10 кВ				
Ущерб, тыс.руб.	1920,82	5762,47	9604,11	13445,75	17287,40
Мероприятие	Замена неизолированных проводов на изолированные для ВЛ 0,4 кВ, питающих потребителя				
Ущерб, тыс.руб.	422,51	1267,52	2112,53	2957,55	3802,56
Мероприятие	Применение в ТП 10/0,4 кВ на стороне 10 кВ местного АВР				
Ущерб, тыс.руб.	6950,73	20852,20	34753,67	48655,13	62556,60

С помощью предложенного метода оценки эффективности мероприятий по повышению надежности электроснабжения сельскохозяйственных потребителей энергоснабжающие организации могут производить выбор и обоснование соответствующих мероприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Янукович, Г.Н. электроснабжение сельскохозяйственных потребителей / Г.Н. Янукович, В.П. Счастный. – Минск: Дизайн ПРО, 2000. – 176 С.
2. Правила применения скидок (надбавок) к тарифу на электрическую энергию, отпускаемую предприятиями электрических сетей Минэнерго СССР сельскохозяйственным потребителям и установления штрафов за перерывы электроснабжения сельскохозяйственных потребителей. – М.: Союзтехэнерго, 1988.

УДК 621.313.333

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ МОЩНОСТИ ОТ ВЕЛИЧИНЫ ПОЛЮСНОГО ДЕЛЕНИЯ ТРЕХФАЗНЫХ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Селицкая О.Ю., ст. преподаватель; Рак Е.М.

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

Конструктивное оформление асинхронных электродвигателей, их мощность и габариты зависят от назначения и условий работы.

Технико-экономические показатели – размеры, масса и стоимость электродвигателя – зависят от его главных размеров – внутреннего диаметра сердечника статора и его длины, которые в свою очередь зависят от мощности двигателя, частоты вращения, а также основных электромагнитных нагрузок в номинальном режиме – индукции в воздушном

зазоре B_δ и линейной нагрузки A . Величины B_δ и A определяют среднюю касательную силу F_K на единицу поверхности статора (рисунок № 1):

$$F_K = \alpha_\delta \cdot K_B \cdot K_{об} \cdot B_\delta \cdot A. \quad (1)$$

Здесь α_δ – коэффициент полюсной дуги, учитывающий действие индукции B_δ в пределах полюсного деления (только на протяжении расчетной полюсной дуги $\alpha_\delta \tau$); K_B – коэффициент, зависящий от формы кривой магнитного поля в воздушном зазоре; $K_{об}$ – обмоточный коэффициент.

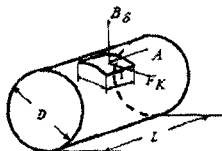


Рисунок № 1. Определение средней касательной силы.

Умножив F_K на площадь поверхности статора $\pi D L$ и на плечо $D/2$, получим выражение электромагнитного момента:

$$M_{эм} = \frac{\pi}{2} \cdot \alpha_\delta \cdot K_B \cdot K_{об} \cdot D^2 \cdot L \cdot B_\delta \cdot A \quad (2)$$

где D и A – соответственно внутренний диаметр и длина сердечника статора, мм.

Умножив (2) на синхронную угловую частоту вращения магнитного поля статора ω_1 ($\omega_1 = 2\pi n_1/60$), получим зависимость $P_{эм}$ от основных геометрических размеров, электромагнитных нагрузок и скорости вращения машины:

$$P_{эм} = \frac{\pi}{2} \cdot \alpha_\delta \cdot K_B \cdot K_{об} \cdot D^2 \cdot L \cdot B_\delta \cdot A \cdot \omega_1 \quad \text{или} \quad (3)$$

$$P_{эм} = \frac{\pi^2}{60} \cdot \alpha_\delta \cdot K_B \cdot K_{об} \cdot D^2 \cdot L \cdot B_\delta \cdot A \cdot n_1$$

Из (3) следует, что при неизменной электромагнитной мощности, чем выше электромагнитные нагрузки B_δ и A , тем меньше габариты машины и ее масса, расход активных материалов и стоимость. В одном и том же габарите машины высокоскоростные имеют мощность выше низкоскоростных. Из (4) определяется машинная постоянная:

$$\frac{D^2 \cdot L \cdot n_1}{P_{эм}} = \frac{60}{\pi^2 \cdot \alpha_\delta \cdot K_B \cdot K_{об} \cdot A \cdot B_\delta} = C \quad (4)$$

Все величины в формуле (4), кроме синхронной частоты вращения магнитного поля статора n_1 , неизвестны, но на выбор параметров A , B_δ , α_δ , K_B , $K_{об}$ имеются рекомендации в литературе по проектированию электрических машин. Остаются два неизвестных D и L . Проектирование электрической машины сводится к многократному расчету зависимостей между основными показателями в (4), заданных в виде системы формул, эмпирических коэффициентов, графических зависимостей, которые можно рассматривать как уравнения проектирования. Если пренебречь потерями в роторе электродвигателя, то можно считать, что $P_{эм} = P_2$, где P_2 – полезная мощность:

$$P_2 = C(\tau) \cdot L \cdot D^2 \cdot n_1 \quad (5)$$

где n_1 – синхронная частота вращения магнитного поля статора, мин⁻¹.

Таким образом, для определения полезной мощности трёхфазных асинхронных электродвигателей можно применить формулу (5), позволяющую связать между собой все

параметры моделируемой машины.

В формуле (5) C – функция, определяющая модель и зависящая от полюсного деления τ :

$$\tau = \frac{\pi \cdot D}{2 \cdot p_1} \quad (6)$$

где p_1 – число пар полюсов в машине.

На основе выборки и обобщения экспериментальных данных, была получена эмпирическая формула методом оценивания параметров приближающей функции, минимизирующей сумму квадратов отклонений наблюдений зависимой переменной от значений искомой функции, т.е. по методу наименьших квадратов [1] в виде логарифмической зависимости (формула (7)).

$$C(\tau) = a \cdot \ln \tau + b \quad (7)$$

где a и b – некоторые постоянные величины, численные значения которых определяются в соответствии с числом полюсов машины. Параметры a и b имеют размерность $\times 10^{-9}$.

При этом в ходе исследования был сделан важный вывод, что постоянная ядра машины C – это величина, распределяемая относительно полюсного деления по закону натурального логарифма. Под экспериментальными данными понимаются данные, полученные в ходе анализа существующего спектра асинхронных машин серий 4А (также отдельно ВАО).

Двигатели серии 4А спроектированы оптимальными для нужд народного хозяйства. Критерием оптимизации была принята суммарная стоимость двигателя в производстве и эксплуатации, которая должна быть минимальной. Численные данные анализа, представленные в виде массива, будем называть таблично-заданной функцией $C=f(\tau)$.

Приведём для примера некоторые данные для двигателей основного исполнения IP44 скоростью 1500 мин⁻¹, их технические характеристики представлены в таблице №1 для машин различных классов мощности. Здесь C – постоянная ядра машины, полученная по справочным данным с использованием формулы (4).

Таблица №1 – Двигатели серии 4А

Типоразмер	P, кВт	n, мин ⁻¹	2p	D, мм	L, мм	C	τ , мм
4A71A4Y3	0,55	1500	4	70	65	1,151	54,978
4A71B4Y3	0,75	1500	4	70	74	1,379	54,978
4A80A4Y3	1,1	1500	4	84	78	1,332	65,973
4A100S4Y3	3	1500	4	105	100	1,814	82,467
4A132S4Y3	7,5	1500	4	145	115	2,068	113,883
4A160S4Y3	15	1500	4	185	140	2,087	145,299
4A200M4Y3	37	1500	4	238	170	2,562	186,925
4A250M4Y3	90	1500	4	290	260	2,744	227,765
4A355S4Y3	250	1500	4	380	360	3,206	298,451
$C(\tau) = a \cdot \ln \tau + b$, где $a = 1.202 \cdot 10^{-9}$, $b = -3.570 \cdot 10^{-9}$							(7)

Вывод формулы зависимости основывается на поиске приближенной функции для расширения дискретной области определения таблично-заданной зависимости до непрерывной области.

Для формирования численной модели была использована система *Wolfram Research Mathematica 7* [2; 3].

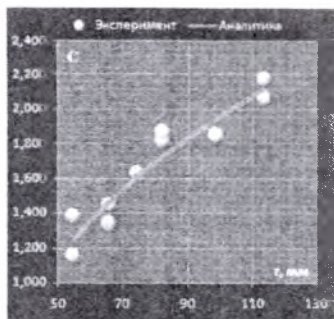


Рисунок №2. Данные, моделирующие экспериментальный спектр $C=f(\tau)$ для двигателей малой мощности.

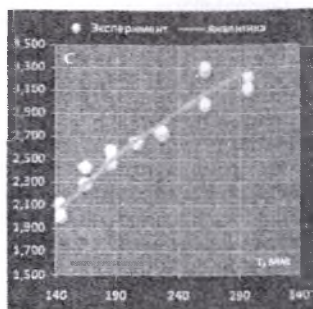


Рисунок №3. Данные, моделирующие экспериментальный спектр $C=f(\tau)$ для двигателей средней мощности.

На рисунках №2 и №3 представлены распределения $C=f(\tau)$ и функции, замещающие эти распределения, для двигателей малой и средней мощности основного исполнения IP44 с частотой вращения 1500 мин^{-1} . Данная модель описывает зависимость между исходными данными и искомыми величинами с доверительностью 0.95.

Запись модели в виде результата аналитического решения исходных данных описывается уравнениями (7) и (8) (здесь подразумеваются двигатели малой и средней мощности серии 4А скоростью 1500 мин^{-1}).

Степень адекватности ее объекту моделирования определяется постановкой и корректностью решений задачи проектирования. Для рассмотрения этих критериев отдельно приведём средние величины относительных погрешностей вычислений. Для двигателей средней мощности величина максимума значения относительной погрешности составляет $\epsilon=4.81\%$, для двигателей малой мощности $\epsilon=3.72\%$.

Кроме выше представленных зависимостей, формирующих модель для двигателей скоростью 1500 мин^{-1} , были получены аналогичные модели для двигателей скоростями 750, 1000 и 3000 мин^{-1} для серии 4А и для серии ВАО.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лоусон Ч., Хенсон Р. Численное решение задач методом наименьших квадратов / Пер. с англ. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. – 232 с
2. Advanced Engineering Mathematics / Alan Jeffrey – Harcourt: «Academic Press», 2002.
3. Nonlinear Physics with *Mathematica* for Scientists and Engineers / Richard H Enns, George C.McGuire – Boston: «Birkhauser», 2001.

УДК 628.8

ЭФФЕКТИВНЫЙ КОЖУХОТРУБНЫЙ ТЕПЛООБМЕННИК

Синяков А.Л., канд.тех.наук, Коротинский В.А., канд.тех. наук, Гаркуша К.Э., канд.тех.наук, Андрейчик А.Е., ст. преподаватель, Синица С.И., ассистент

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

Для снижения затрат тепловой энергии на создание микроклимата в производственных помещениях в отопительно-вентиляционных системах применяются кожухотрубные теплообменники.

Кожухотрубный теплообменник содержит кожух, в котором расположена верхняя и нижняя трубные доски и пучок теплопередающих труб, концы которых закреплены в

трубных досках, при этом по трубам движется теплый воздух, а по межтрубному пространству – холодный воздух.

Недостатком этого теплообменника является пониженная эффективность работы, которая обусловлена снижением эффективности работы, которая обусловлена снижением тепловой мощности теплообменника при увеличении температуры холодного воздуха, а также из-за понижения температурного напора по длине теплообменника.

Отмеченный недостаток устранен тем, что теплообменник снабжен дополнительными верхней и нижней трубными досками, пучком труб, распределительным и собирающим коллекторами холодного воздуха и шибером, при этом труба дополнительного пучка установлена соосно и с кольцевыми зазорами внутри труб основного пучка, а их концы укреплены в дополнительных трубных досках, которые с соответственно прикрепленными к ним дополнительными коллекторами холодного воздуха присоединены соответственно к основным коллекторам теплового воздуха, а дополнительный шибер расположен в дополнительном коллекторе холодного воздуха и примыкает к дополнительной трубной доске теплообменника.

Теплообменник позволяет более эффективно охлаждать теплый воздух как при увеличении, так и при понижении температуры холодного воздуха, в результате чего повышается тепловая мощность теплообменника, а следовательно, эффективность его работы.

Конструкция теплообменника защищена патентом на полезную модель: ВУ 0459F24Н1/00 2007.

УДК 621.316.1:621.319.4

ОСОБЕННОСТИ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Счастный В.П., к.т.н., доцент; Зеленькевич А.И., ст.преподаватель

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

Усиление экономической ответственности потребителей перед энергоснабжающими организациями за поддержание нормальных режимов напряжения на границах балансовой принадлежности электрических сетей возможно при наличии платы за реактивную энергию, принимаемую из сети энергосистемы в часы максимума нагрузок и отдаваемую в сеть энергосистемы в минимума нагрузок.

Введение платы за реактивную энергию призвано экономически стимулировать потребителей к оснащению средствами регулирования реактивной мощности. Автоматические конденсаторные установки – эффективное средство локального регулирования реактивной мощности и напряжения. Причем, правильный выбор и рациональное использование данных установок в сетях потребителей способны минимизировать указанные размеры платы.

Освобождение от платы за реактивную энергию, принимаемую из сети энергосистемы в дневные часы суток, а также начисление потребителям компенсационных выплат за реактивную энергию, отдаваемую в сеть энергосистемы в дневные часы суток, способствует нормализации режимов напряжения в сети энергосистемы.

Размеры платы за реактивную энергию, принимаемую из сети и отдаваемую в сеть энергосистемы, выражаются через соответствующие ставки.

Потери напряжения в электрических сетях и, соответственно, отклонения напряжения на выводах электроприемников потребителей сильно зависят от величины и направления

передаваемой реактивной мощности.

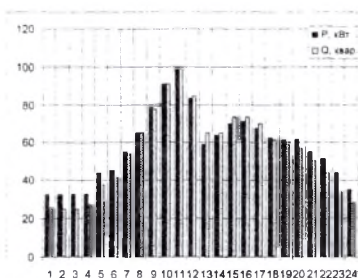


Рисунок 1 – Усредненный суточный график активной и реактивной нагрузки

Потребители электрической энергии, будучи оснащенными автоматическими конденсаторными установками и автоматическими регуляторами возбуждения синхронных двигателей, способны поддерживать нормальные режимы напряжения на границах балансовой принадлежности электрических сетей, оптимально регулируя как прием реактивной мощности и энергии из сети энергосистемы, так и их отдачу в сеть энергосистемы.

Расчетный учет реактивной энергии, как принимаемой потребителем из сети энергосистемы, так и отдаваемой потребителем

в сеть энергосистемы, как правило, должен осуществляться с помощью электронных программируемых многотарифных счетчиков электрической энергии, позволяющих вместе с активной энергией фиксировать принимаемую и отдаваемую реактивную энергию отдельно по заданным зонам времени суток за расчетный период.

Временно допускается осуществлять расчетный учет реактивной энергии с помощью индукционных счетчиков. В этом случае полные количества реактивной энергии, принятой потребителем из сети энергосистемы и отданной потребителем в сеть энергосистемы за расчетный период, считаются целиком принятыми и отданными, соответственно, в дневной и ночной зонах суток. Потребители, применяющие в качестве расчетных индукционные счетчики, не вправе претендовать на компенсационные выплаты за реактивную энергию, отдаваемую в сеть энергосистемы в дневные часы суток. Расчеты проводим по методике изложенной в [1].

Определим размеры платы за расчетный период за нарушение режима, вызванного потреблением реактивной мощности из сети энергосистемы и генерацией реактивной мощности в сеть в режимах, не согласованных с энергоснабжающей организацией (при различных способах учета потребленной и генерированной реактивной энергии):

1-й способ (у потребителя установлен расчетный счетчик реактивной энергии, фиксирующий общее потребление за расчетный период).

2-й способ (у потребителя установлен расчетный счетчик реактивной энергии, фиксирующий потребление в часы максимальных (с 8⁰⁰ до 11⁰⁰ и с 17⁰⁰ до 20⁰⁰) и минимальных нагрузок энергосистемы).

3-й способ (у потребителя установлен только расчетный счетчик активной энергии, фиксирующий общее потребление за расчетный период).

Усредненный суточный график активной и реактивной нагрузки сельскохозяйственных потребителей приведен на рисунке 1. Значения коэффициентов, характеризующих данный график, приведены в таблице 1.

Таблица 1

Коэффициент заполнения графика Кз, по активной мощности	Коэффициент заполнения графика Кз, по реактивной мощности	Коэффициент формы графика Кф, по реактивной мощности
0.58	0.55	1.07

Суммарная плата за нарушение режима, вызванного потреблением реактивной мощности, приведена в таблице 2.

Таблица 2

№ способа учета	Способ учета потребляемой реактивной энергии	Суммарная плата за нарушение режима, вызванного потреблением реактивной мощности, млн. руб.
1	В течение всего времени суток	13 245,94
2	В часы максимальных (минимальных) нагрузок энергосистемы (с 8 до 11 и с 17 до 20)	4 427,75
3	Нет учета	10 410,19

Если у потребителя установлен расчетный счетчик реактивной энергии, фиксирующий потребление в часы максимальных нагрузок энергосистемы (способ учета №3), то суммарная плата за нарушение режима в 2-3 раза меньше по сравнению с другими способами учета.

Как показывает анализ данных, для потребителя выгоднее вообще не иметь счетчика реактивной энергии (способ учета №3) и рассчитываться по показаниям только расчетного счетчика активной энергии, фиксирующего общее потребление за расчетный период, чем иметь расчетный счетчик реактивной энергии, фиксирующий общее потребление за расчетный период (способ учета №1). Такое положение является крайне не выгодным для энергосистемы в целом.

Рассмотрим случай, когда потребляемая реактивная энергии неизменна в течение суток, но различна по величине. Суммарная плата за нарушение режима, вызванного потреблением реактивной мощности при различных способах учета, приведена в таблице 3.

Таблица 3

способ учета	Величина потребляемой реактивной мощности					
	100 квар	80 квар	60 квар	40 квар	20 квар	0 квар
№1	23880	19104	14328	9552	4776	0
№2	5970	4776	3582	2388	1194	0
№3	10410,19	10410,19	10410,19	10410,19	10410,19	10410,19

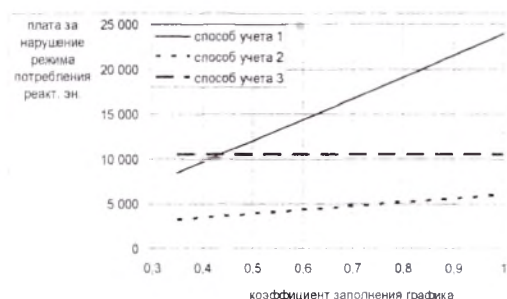


Рисунок 2 – Зависимости суммарной платы за нарушение режима, вызванного потреблением реактивной мощности для суточных графиков с различными коэффициентами заполнения при разных способах учета реактивной энергии

заполнения графика нагрузки по реактивной мощности. Результаты расчетов представим в виде графиков, представленных на рисунке 2.

Анализ данных графиков показывает, что при величине коэффициента заполнения графика в пределах от 0,4 до 0,5 плата за нарушение режима, вызванного потреблением реактивной мощности определенная по способам учета №1 и №3 совпадает. При

При способе учета №2 плата за нарушение режима потребителем — минимальна при любой величине потребляемой реактивной мощности. При способах учета №1 и 3 плата за нарушение режима потребления реактивной мощности одинакова при $Q=40$ квар, т.е. при заявленном $\lg \varphi$. При больших значениях реактивной мощности плата увеличивается до 2,5 раз.

Рассмотрим, как зависит плата за нарушение режима потребления реактивной мощности, от величины

увеличении заполнения графика оплата по способу №3 значительно возрастает.

Выводы

1. При применении электронных программируемых многотарифных счетчиков электрической энергии, позволяющих вместе с активной энергией фиксировать принимаемую и отдаваемую реактивную энергию отдельно по заданным зонам времени суток за расчетный период обеспечивает минимизацию платы за нарушение режима потребления реактивной мощности при любых видах суточных графиков нагрузки, при любых коэффициентах заполнения графика.

2. Применение у потребителя расчетного счетчика реактивной энергии, фиксирующего общее потребление за расчетный период экономически целесообразно только при низких коэффициентах заполнения графика нагрузки.

3. Освобождение от платы за реактивную энергию, принимаемую из сети энергосистемы в дневные часы суток, а также начисление потребителям компенсационных выплат за реактивную энергию, отдаваемую в сеть энергосистемы в дневные часы суток, способствует нормализации режимов напряжения в сети энергосистемы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пекелис, В.Г. Потребляемая и генерируемая реактивная энергия. Порядок расчетов с абонентами / В.Г. Пекелис, А. И. Жуковский // Энергетика и ТЭК. – 2004. №10. – С.12-14.

УДК 621.316.1:621.319.4

МЕТОДИКА ВЫБОРА МОЩНОСТИ РЕГУЛИРУЕМОЙ КОНДЕНСАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ПРИ УЧЕТЕ ПОТРЕБЛЯЕМОЙ И ГЕНЕРИРУЕМОЙ ЭНЕРГИИ

Зеленькевич А.И., ст.преподаватель; Журко В.С.

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

В [1] приводится методика расчета параметров регулируемых конденсаторных установок в сельских электрических сетях 0,38 кВ.

Для выбора РКУ необходимо располагать графиками реактивной нагрузки или, как минимум, результатами контрольных замеров, выполненных во время максимума и минимума нагрузки [2].

Для практических целей наиболее удобен годовой график реактивной нагрузки по продолжительности. Для сельскохозяйственных потребителей с достаточной точностью его можно построить используя суточные графики только для двух характерных дней в году – зимнего и летнего [3].

На рисунке 1 приведены примеры годовых графиков реактивной нагрузки по продолжительности. При ступенчатом регулировании, когда число ступеней РКУ равно n , необходимо выбрать мощности ступеней такими, чтобы суммарные потери энергии от недокомпенсации (-) и перекомпенсации (+) были минимальными. Это достигается, когда незаштрихованные площади F_1 , F_2 , F_n графиков максимальны. Аналитически эти площади определим по выражению

$$F_n = \int_0^{T_2} Q^2(t) dt - \sum_{i=0}^n \left(\int_{t_{2i}}^{t_{2i+1}} Q^2(t) dt - Q_{i+1}^2 (t_{2i+1} - t_{2i}) \right) - \int_{T_q}^{T_2} Q^2(t) dt \quad (1)$$

Практическое решение уравнения (1) сводится к отысканию пределов интегрирования t_i при ограниченном числе n ступеней регулирования и заданном графике $Q(t)$.

Площади, характеризующие потери энергии от перекомпенсации F_n^+ и недокомпенсации F_n^- (см. рисунок 1), определим по выражениям:

$$F_n^+ = \sum_{i=0}^n Q_i^2(t_{2i} - t_{2i-1}) - \sum_{i=1}^n \int_{t_{2i-1}}^{t_{2i}} Q^2(t) dt \quad (2)$$

$$F_n^- = \sum_{i=0}^n \left(\int_{t_{2i}}^{t_{2i+1}} Q^2(t) dt - Q_{i+1}^2(t_{2i+1} - t_{2i}) \right) - \int_{t_q}^{T_2} Q^2(t) dt \quad (3)$$

В оптимальном варианте КРМ площади F_n^+ и F_n^- на годовом графике $Q(t)$ минимальны.

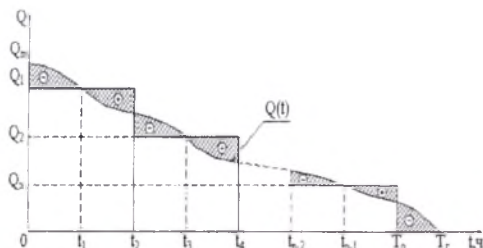


Рисунок 1 — Годовые графики реактивной нагрузки по продолжительности при многоступенчатом регулировании КУ

Расчет по разработанной методике [1] целесообразно выполнять с использованием ЭВМ. Для этого разработано программное обеспечение, позволяющее рассчитывать величину степени АКУ и уставку срабатывания для минимизации величины пере- и недокомпенсации реактивной мощности в данной точке сети.

Расчеты проведем для усредненного типового графика нагрузок сельскохозяйственных потребителей.

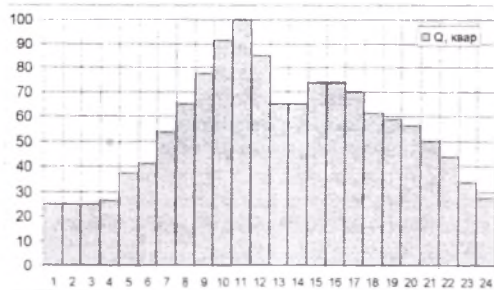


Рисунок 2 — Усредненный суточный график реактивной нагрузки

Величина скидок и надбавок к плате за потребление и генерацию реактивной мощности и энергии потребителем в сутки без применения установки КРМ приведена в таблице 1. В расчете принята величина основной ставки двухставочного тарифа $a = 11447,6$ руб/кВт.

Таблица 1

	часы максимума нагрузок (8-11 и 17-20)		часы минимума нагрузок (23-6)		Сумма
	потреблено	генерировано	потреблено	генерировано	
Количество реактивной энергии, квар·ч	423,75	0	200	0	
скидка, руб	-	-	114476	-	114476
надбавка, руб	242667,7	-	-	-	242667,7
	разница, руб				+128121,7

Суточный график работы АКУ представлен на рисунке 3.

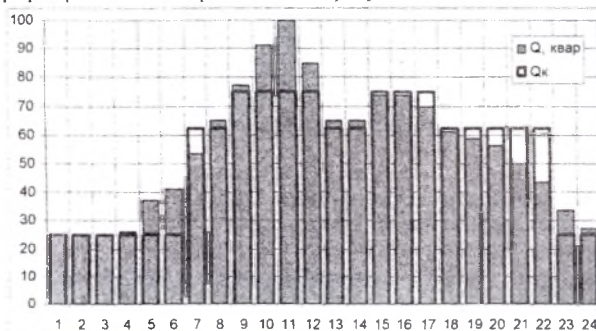


Рисунок 3 — Суточный график работы АКУ

Плата за потребление и генерацию реактивной мощности и энергии потребителем с применением установки по КРМ с параметрами определенными по минимуму пере- и недокомпенсации.

Таблица 2

	часы максимума нагрузок (8-11 и 17-20)		часы минимума нагрузок (23-6)		Сумма
	потреблено	генерировано	потреблено	генерировано	
Количество реактивной энергии, квар·ч	21,25	10	25	0	
скидка, руб	-	5 723,80	14 309,50	-	20033,30
надбавка, руб	12 284,71	-	-	0	12284,71
	разница				-7748,6

При ориентировочной стоимости 1 квар установленной мощности АКУ в размере 38,8 тыс. рублей, данная установка окупится за год эксплуатации.

Модифицируем изложенную выше методику расчета ступеней РКУ с учетом платы за генерируемую и потребляемую реактивную мощность и энергию.

Суточный график работы АКУ представлен на рисунке 4.

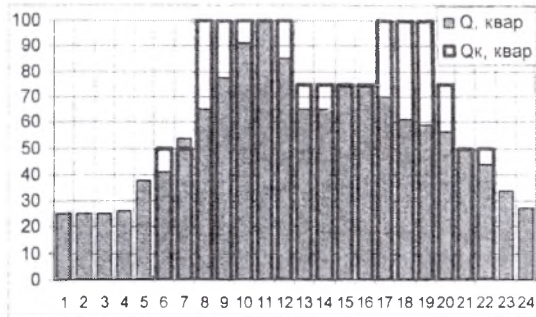


Рисунок 4 — Суточный график работы АКУ

Плата за потребление и генерацию реактивной мощности и энергии потребителем с применением установки по КРМ с параметрами определенными по минимуму оплаты приведены в таблице 3.

Таблица 3

	часы максимума нагрузок (8-11 и 17-20)		часы минимума нагрузок (23-6)		Сумма
	потреблено	генерировано	потреблено	генерировано	
Количество реактивной энергии, квар·ч	0	176,25	200	0	
скидка, руб	-	100882	114476	-	215358
надбавка, руб	-	-	-	-	
	разница				-215358

При ориентировочной стоимости 1 квар установленной мощности РКУ в размере 38,8 тыс. рублей, данная установка окупится за месяц эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жуковский А.И. повышение эффективности компенсации реактивной мощности в сельских электрических сетях 0,38 кВ с использованием регулируемых конденсаторных установок: автореф. дис. канд. техн. наук. – Минск, 2001. – 21 с.
2. Пекелис В.Г. Перспективы применения поперечной емкостной компенсации в электрических сетях энергосистем и промышленных предприятий. – Минск: БелНИИЭТИ, 1984. – 48 с.
3. Будзко И.А., Зуль Н.М. Электроснабжение сельского хозяйства. – М.: Агропромиздат, 1990. – 496 с.

УДК 621.316.007

ЗАЩИТА ТРАНСФОРМАТОРОВ СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ОТ УВЛАЖНЕНИЯ

Усов Г.Г., Кожарнович Г.И.

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

Сроки проведения технического состояния и испытаний, как при монтаже, так и в период эксплуатации в настоящее время определены согласно «Нормам испытания электрооборудования» и инструкциям заводов изготовителей трансформаторов. Проведения проверок и ремонтов устанавливаются независимо от фактического состояния оборудования.

Периодически разливными службами проводится статистический анализ причин

повреждения силовых трансформаторов в энергосистемах, позволяющий выявлять наиболее часто повторяющиеся повреждения узлов, деталей, элементов в зависимости от типа и сроков эксплуатации.

Поэтому крайне важно определить пути, обеспечивающие дальнейший рост показателей надежности масляных двухобмоточных трансформаторов с высшим напряжением 10 кВ мощностью до 630 кВА. Установлено, что подавляющее число отказов происходит из-за увлажнения твердой изоляции трансформаторов. Витковые короткие замыкания, пробой между фазами и различные сочетания этих повреждений наблюдаются у 5-7%. Причем во многих причины отказов общие [1].

Для предохранения масла и твердой изоляции от прямого попадания в них влаги используются влагопоглощительные патроны, воздухоосушители, термосифонные фильтры, заполненные в большинстве силикагелем.

Между изоляцией трансформатора и средой всегда существует тепло- влагообмен. Поэтому влажность, температура и время воздействия на изоляцию – одна из основных причин, по которой снижается качество изоляции трансформаторов в сельских электрических сетях. С увеличением продолжительности эксплуатации снижается надежность их работы, а решение о возможности продолжения дальнейшей эксплуатации может быть обеспечена совершенствованием методов эксплуатации.

Как отмечает Ермолаев С.А. «Защита трансформаторного масла от увлажнения», ориентировочный срок службы трансформаторного масла, гарантируемый его изготовителем, составляет 6-8 лет, а в условиях сельского хозяйства для масел без присадок этот срок может, сокращается до 2-3 лет. Частая смена масла в трансформаторах или его регенерация влечет за собой неоправданно высокие эксплуатационные расходы и значительные средства, на демонтаж существующего, монтаж приобретенного нового трансформатора.

Проведенный контроль и диагностика указывает причины ухудшение состояния трансформаторов по сравнению с заводскими паспортными данными, а это ранее перечисленные, а также неудовлетворительная эксплуатация и ряд других причин, при которых параметры некоторых трансформаторов в электрических сетях ухудшаются.

Учитывая возрастающее число увлажненных в эксплуатации трансформаторов [2] весьма актуальна разработка методов восстановления и стабилизации изоляционных характеристик с минимальными затратами и сроками вывода трансформатора в ремонт.

Чтобы обеспечить продолжение эксплуатацию трансформаторов, у которых происходит систематическое ухудшение состояния изоляции и для восстановления диэлектрических свойств переувлажненных электроизоляционных материалов предлагается комбинированный влагопоглотитель.

Для повышения эффективной защиты масла и отбора влаги с изоляции трансформатора целесообразно использовать более активный цеолит и силикагелей с присадками каустической щелочи (едкого натра, едкого калия и т.д.). Регенерация трансформаторного масла без слива его из аппарата ведется, путем фильтрации через слой силикагеля и цеолита который брали по предварительным расчетам в зависимости от влажности 7-2, а щелочь составляла 6-7% от веса комбинированного влагопоглотителя. Цеолит способен поглощать в 1,5-2 раза больше влаги, чем силикагель.

Перезаряженное устройство (воздухоосушитель, термосифонный фильтр) с комбинированным адсорбентом позволяет регулировать и восстанавливать в эксплуатации трансформаторное масла, влагосодержание твердой изоляции и увеличивает срок эксплуатации трансформатора.

Несмотря на удобства и простату данного метода регенерации, эффективность его не всегда достаточно высока. При низкой температуре высокая вязкость масла препятствует отделению воды и примесей.

Циркуляция масла через влагопоглотитель основана на конвекции за счет разности температур верхнего и нижнего слоя масла. С увеличением токовой нагрузки интенсивность

выделения влаги из обмоток в масло ускоряется и интенсивнее циркулирует масла, тем самым уменьшаются сроки восстановления изоляции. Более интенсивно эти процессы могут происходить при принудительной циркуляции масла, а для успешного завершения регенерации требуется разогрев масла.

Учитывая сезонность загрузки трансформатора в сельских сетях этого рабочего цикла вполне достаточно для регенерации влагосодержания в трансформаторе в допустимых пределах в наиболее тяжелые периоды работы.

Для повышения эффективной защиты масла и отбора влаги с изоляции трансформатора можно использовать различные влагопоглотители в различных пропорциях с различными присадками. Осадки, шлам (продукты старения) фильтруются через пористую среду.

Вывод

Предложенный метод не требует дополнительных устройств и нестандартного оборудования. Может быть рекомендован во всех случаях ухудшения параметров изоляции маслонаполненного электрооборудования в эксплуатации. Поэтому разработка способов защиты от увлажнения – проблема не только техническая, но и экономическая.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сердешнов А.П., Усов Г.Г. Сушка твердой изоляции трансформаторов комбинированным методом // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. Труды 4-й Международной научно-технической конференции. Москва., 2004

2. Усов Г.Г. обеспечение надежности эксплуатации силовых масляных трансформаторов в сельских распределительных сетях // Аграрная энергетика в XXI-м столетии. Материалы III-й Международной научно-технической конференции. Минск., 2005

УДК 621.316.007

УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИЛОВЫХ МАСЛЯНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ СЕЛЬСКОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ ПОСЛЕ ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЙ СУШКИ

Усов Г.Г., Кожарнович Г.И., Усов Ю.Г.

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

В эксплуатации белорусской энергосистеме находится почти 69 тысяч трансформаторных подстанций и распределительных пунктов напряжением 6-10/0,4 кВ. Схема сети была сформирована до 1970 года, где в основном установлены масляные двухобмоточные трансформаторы с высшим напряжением 6-10 кВ мощностью до 630 кВА [1]. Для предохранения масла и изоляции от прямого попадания в них влаги используются влагопоглотительные патроны заполненные силикагелем.

В ближайшие годы около 70% электросетевого оборудования, имеющегося, в энергосистемах отработает свой расчетный нормативный срок службы [1].

В процессе эксплуатационно-технического обслуживания силовых масляных трансформаторов (СМТ) наблюдается увлажнение и старение твердых электроизоляционных материалов. Данный процесс неизбежен, а с увеличением продолжительности эксплуатации масляных трансформаторов износ ускоряется. Причем, чем выше содержание влаги, тем интенсивнее идет процесс старения [2].

Электротехнические заводы поставляют трансформаторы преимущественно на новые объекты. Большинство трансформаторов находятся в эксплуатации расчетный нормативный срок службы, который по данным заводов составляет 25 лет [3].

Анализ повреждений, проведенный на Минском заводе «Белэнергоремналадка», показал, что основной причиной отказов трансформаторов является пробой изоляции

обмоток [4].

Причины повреждения объясняются переувлажнением и старением твердой изоляции трансформаторов подверженных тепловым, механическим и электрическим воздействиям. На нее оказывает влияние и окружающая среда.

Перечисленные отрицательные факторы ухудшения состояния изоляции могут развиваться постепенно и действовать одновременно. По мере старения электроизоляции количество выделяющейся вода увеличивается.

Дальнейшая эксплуатация СМТ в сельских электрических сетях после истечения расчетного нормативного срока службы может быть возможна только после проведения технико-экономического анализа индивидуально для каждого трансформатора с учетом влияющих факторов на износ.

Увеличение эксплуатационного ресурса СМТ в сельских электрических сетях одна из актуальных задач. Поэтому важно определить пути, обеспечивающие дальнейший рост надежности трансформаторов после нормативного срока их службы.

В поисках более простого и экономичного метода для восстановления свойств переувлажненных твердых электроизоляционных материалов в Белорусском государственном аграрном техническом университете разработан новый способ сушки твердой изоляции силовых трансформаторов. Он соединяет положительные стороны наиболее используемых методов[5].

Поставленная задача решается так, что в известном способе удаление влаги из изоляции трансформатора, при котором на бак наматывается намагничивающая обмотка, запитанная от источника стандартного напряжения переменного тока, от отпайки требуется нестандартное напряжение подается на одну из обмоток ВН или НН трансформатора, включенных по схеме нулевой последовательности.

Проведенные экспериментальные опыты показали, что предлагаемый комбинированный способ удаления влаги из твердой изоляции силовых трансформаторов даст возможность получить высококачественную сушку, при этом значительно сократив время удаления влаги и уменьшив расход электроэнергии на эту операцию, исключить необходимость в дополнительных установках питания с нестандартным напряжением.

Это повысит надежность работы трансформатора и сократит до минимума неоправданные материальные потери, связанные с выволом трансформаторов в ремонт и с большими трудовыми и энергетическими затратами.

Решение данного вопроса весьма актуально, так как количество трансформаторов значительно, а на замену отслуживших нормативный срок трансформаторов потребуется значительные средства. Сушка может проводится непосредственно на месте установки, в ремонтных мастерских и при изготовлении трансформаторов на электроремонтных заводах.

Вывод

Правильно организованный контроль эксплуатации силовых трансформаторов позволит изучить износ изоляции и своевременно проводить профилактическую сушку для восстановления свойств переувлажненных электроизоляционных материалов.

Предложенный способ удаления влаги из твердой изоляции силовых трансформаторов прост, не требует дополнительных устройств с нестандартным напряжением, дает возможность проводить сушку по месту установки трансформатора, обеспечивается высокая эффективность сушки, значительно снижается время сушки и расход электроэнергии на ее проведение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Концепция развития электрических сетей. - Минск., 2001
2. Усов Г.Г. Обеспечение надежности эксплуатации силовых масляных трансформаторов в сельских распределительных сетях // Аграрная энергетика в XXI-м столетии. Материалы III-ой Международной научно-технической конференции. Минск, 2005
3. Силовые трансформаторы. Каталог продукции. Минский электроремонтный завод им. В.И. Козлова. Минск., 2008

4. Усов Г.Г. Анализ повреждаемости силовых трансформаторов в сельских сетях // Актуальные проблемы науки в агропромышленном комплексе (АПК). Материалы 55-ой Международной научно-практической конференции. Кострома, 2004

5. Патент 2156 РБ. Способ удаления влаги из твердой изоляции трансформатора/ А.П. Сердешнов, Г.Г. Усов и др. - №2 (17), -С14.

УДК 621.311

ОЦЕНКА РЕЗЕРВОВ ПО СНИЖЕНИЮ ПОТЕРЬ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Фурсанов М. И. докт. техн. наук, профессор, Золотой А. А. канд. техн. наук, доцент

УО «Белорусский национальный технический университет»

г. Минск. Республика Беларусь

В докладе представлены теоретические положения по расчёту и анализу резервов по снижению технических потерь электроэнергии $\delta_{\%}(\Delta W)$ и экономии топлива $\delta(B)$ в электрических сетях энергосистем. Исследования выполнены на примере разомкнутых сетей 6–20 кВ.

Суммарные потери электроэнергии ΔW в схеме отдельной распределительной линии (РЛ) 6–20 кВ состоят из суммы нагрузочных потерь в линейных $\Delta W_{\text{лн}}$ и трансформаторных $\Delta W_{\text{тн}}$ ветвях, а также потерь холостого хода в стали трансформаторов $\Delta W_{\text{хт}}$, вычисляемых по каталожным данным:

$$\Delta W = \Delta W_{\text{лн}} + \Delta W_{\text{тн}} + \Delta W_{\text{хт}}. \quad (1)$$

Если представить сеть РЛ в виде последовательной цепочки эквивалентных по потерям сопротивлений линий $r_{\text{эл}}$ и трансформаторов $r_{\text{тн}}$, то для определения фактических ΔW_k , минимальных $\Delta W_{k_{\text{эв}}}$ и экономически обоснованных $\Delta W_{k_{\text{сн}}}$ потерь электроэнергии можно использовать формулы вида:

$$\Delta W_k = \bar{k}^2 \frac{S_{\text{ном}}^2}{U^2} (r_{\text{эл}} + r_{\text{тн}}) + \Delta P_{\text{хт}} T; \quad (2)$$

$$\Delta W_{k_{\text{эв}}} = \bar{k}_{\Delta W}^2 \frac{S_{\text{ном}}^2}{U^2} (r_{\text{эл}} + r_{\text{тн}}) + \Delta P_{\text{хт}} T; \quad (3)$$

$$\Delta W_{k_{\text{сн}}} = \bar{k}_{\text{сн}}^2 \frac{S_{\text{ном}}^2}{U^2} (r_{\text{эл}} + r_{\text{тн}}) + \Delta P_{\text{хт}} T. \quad (4)$$

где $\bar{k}$, $\bar{k}_{\Delta W}$, $\bar{k}_{\text{сн}}$ – загрузки распределительной линии, представленной эквивалентными по потерям сопротивлениями соответствующие фактическим, минимальным и экономически обоснованным потерям; $S_{\text{ном}}$ – суммарная номинальная мощность подключенных к РЛ трансформаторов; $U_{\text{эв}}$ – эквивалентное напряжение на питающих шинах линии; $k_{\text{ф}}$ – коэффициент формы графика нагрузки; $\Delta P_{\text{хт}}$ – суммарные потери мощности холостого хода в стали трансформаторов; T – расчетный период.

Формула для определения $\bar{k}_{\Delta W}$, соответствующая минимальным суммарным потерям электроэнергии в схеме РЛ, будет выглядеть следующим образом:

$$\bar{k}_{\Delta W} = \sqrt{\frac{\Delta P_{\text{хт}} T}{S_{\text{ном}}^2 (r_{\text{эл}} + r_{\text{хт}}) k_{\text{ф}}^2 T}} \quad (5)$$

Из анализа подкоренного выражения формулы (5) видно, что значение $\bar{k}_{\Delta W}$, соответствующее минимуму ΔW , определяется из условия равенства суммарных нагрузочных потерь ЭЭ в схеме $\Delta W_{\text{н}} = \Delta W_{\text{нл}} + \Delta W_{\text{хт}}$ и суммарных потерь холостого хода $\Delta W_{\text{хт}}$. Это означает, что в оптимальном режиме минимальное значение суммарных потерь электрической энергии в схеме РЛ $\Delta W_{\bar{k}_{\Delta W}}$ численно равно удвоенному произведению потерь холостого хода

$$\Delta W_{\bar{k}_{\Delta W}} = 2\Delta W_{\text{хт}} \quad (6)$$

Экономическая нагрузка эквивалентной распределительной линии $\bar{k}_{\text{сн}}$, соответствующая минимуму стоимости передачи электрической энергии $C_{\text{п}}$, по аналогии с (5) определяется по формуле:

$$k_{\text{сн}} = \frac{S_{\text{ном}}}{U_{\text{эв}}} \sqrt{\frac{p_{\text{л}} K_{\text{л}} + p_{\text{т}} K_{\text{т}} + \Delta P_{\text{хт}} T \beta_{\text{х}}}{k_{\text{фл}}^2 r_{\text{эл}} T \beta_{\text{л}} + k_{\text{фхт}}^2 r_{\text{хт}} T \beta_{\text{т}}}} \quad (7)$$

где $K_{\text{л}}$ – стоимость линейных участков схемы РЛ; $p_{\text{л}}$ – суммарный коэффициент отчислений от стоимости линии $K_{\text{л}}$; $K_{\text{т}}$ – стоимость трансформаторов; $p_{\text{т}}$ – суммарный коэффициент отчислений от стоимости трансформатора $K_{\text{т}}$; $\beta_{\text{хт}}$, $\beta_{\text{нл}}$, $\beta_{\text{нт}}$ – стоимость 1 кВт ч соответственно $\Delta W_{\text{хт}}$, $\Delta W_{\text{нл}}$, $\Delta W_{\text{нт}}$.

Величины $\bar{k}$, $\bar{k}_{\Delta W}$ и $\bar{k}_{\text{сн}}$ позволяют определить оптимальные значения отпусков электроэнергии в сеть соответственно – $W_{\bar{k}}$, $W_{\bar{k}_{\Delta W}}$ и $W_{\bar{k}_{\text{сн}}}$.

По найденным отпускам электроэнергии $W_{\bar{k}}$ (фактическому), $W_{\bar{k}_{\Delta W}}$ и $W_{\bar{k}_{\text{сн}}}$ можно вычислить суммарные потери электроэнергии в относительных единицах.

Фактические, минимальные и экономические потери электроэнергии в процентах $\Delta W_{\%}$ будут равны:

$$\Delta W_{\% \bar{k}} = \frac{\Delta W_{\bar{k}}}{W_{\bar{k}}} 100\%; \quad \Delta W_{\% \bar{k}_{\Delta W}} = \frac{\Delta W_{\bar{k}_{\Delta W}}}{W_{\bar{k}_{\Delta W}}} 100\%; \quad \Delta W_{\% \bar{k}_{\text{сн}}} = \frac{\Delta W_{\bar{k}_{\text{сн}}}}{W_{\bar{k}_{\text{сн}}}} 100\%.$$

Резервы по снижению суммарных технических потерь электроэнергии составят: по критерию минимальных потерь электроэнергии, $\delta_{\%}(\Delta W_{\bar{k}_{\Delta W}})$:

$$\delta_{\%}(\Delta W_{\bar{k}_{\Delta W}}) = \Delta W_{\% \bar{k}} - \Delta W_{\% \bar{k}_{\Delta W}} \quad (8)$$

$$\delta(\Delta W_{\bar{k}_{\Delta W}}) = \frac{\delta_{\%}(\Delta W_{\bar{k}_{\Delta W}}) W_{\bar{k}}}{100} \quad (9)$$

по критерию экономических обоснованных потерь, $\delta_{\%}(\Delta W_{\bar{k}_{\text{сн}}})$:

$$\delta_{\%}(\Delta W_{\bar{k}_{\text{сн}}}) = \Delta W_{\% \bar{k}} - \Delta W_{\% \bar{k}_{\text{сн}}} \quad (10)$$

$$\delta(\Delta W_{\bar{k}_{\text{сн}}}) = \frac{\delta_{\%}(\Delta W_{\bar{k}_{\text{сн}}}) W_{\bar{k}}}{100} \quad (11)$$

Возможная экономия топлива $\delta(B)$ в электрических сетях при этом составит:

$$\delta(B_{\bar{k}_{\Delta W}}) = \delta(\Delta W_{\bar{k}_{\Delta W}})b, \quad (12)$$

$$\delta(B_{\bar{k}_{C_n}}) = \delta(\Delta W_{\bar{k}_{C_n}})b, \quad (13)$$

где b – удельный расход условного топлива.

УДК 621.314.222.6

ВЛИЯНИЕ СХЕМ СОЕДИНЕНИЯ ОБМОТОК СПЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ НА ПОТЕРИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

Шевчик Н.Е., к.т.н., доцент, Михайлова Е.В., аспирантка

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

Сельскохозяйственные электропотребители характеризуются малой плотностью нагрузок и большим удельным весом однофазных токоприемников. В свою очередь случайное включение однофазных нагрузок приводит к несимметричным режимам и отрицательно влияет на качество напряжения и потери в низковольтных электрических сетях 0,38 кВ. Для улучшения качества электроэнергии используются специальные трансформаторы с компенсацией потоков нулевой последовательности: У/Зн, У/Ун СУ и др. Известно, что указанные трансформаторы улучшают качество напряжения и снижают потери в самих трансформаторах. Их влияние на потери в линии электропередач не изучены. Поэтому для проведения исследований влияния компенсации нулевых потоков в трансформаторе на потери низковольтной линии при несимметричной нагрузке необходима методика расчета потерь низковольтной линии, которая учитывала бы падения напряжения в самом трансформаторе.

При разработке методики сделаны следующие допущения:

1. Напряжения, подаваемые на первичную обмотку трансформатора симметричны;
2. Нагрузка низковольтной сети является сосредоточенной;
3. Коэффициент мощности низковольтной сети равен 1.

Физические процессы, происходящие в электрической сети с несимметричной нагрузкой ($Z_a \neq Z_b \neq Z_c$) и порядок расчета фазных токов представим на следующей схеме:

$$U_a = U_b = U_c \rightarrow I_a^* \neq I_b^* \neq I_c^* \rightarrow I_1 : I_2 : I_0 \rightarrow E_1 : E_2 : E_0 \rightarrow I_1^* : I_2^* : I_0^* \rightarrow I_a : I_b : I_c,$$

где Z_a, Z_b, Z_c — сопротивления нагрузок по фазам Ом;

U_a, U_b, U_c — фазные напряжения, В;

I_a^*, I_b^*, I_c^* — фазные токи, определенные без учета падений напряжения в трансформаторе, А;

I_1, I_2, I_0 — токи прямой, обратной и нулевой последовательностей, А;

E_1, E_2, E_0 — ЭДС прямой, обратной и нулевой последовательностей, В;

I_1^*, I_2^*, I_0^* — токи прямой, обратной и нулевой последовательностей, вызванные ЭДС E_1, E_2, E_0 , А;

I_a, I_b, I_c — фазные токи, А.

Согласно допущению, что система напряжений, подаваемая на первичную обмотку трансформатора симметрична, фазные напряжения будут равны по модулю и их вектора будут смещены в пространстве на 120° относительно друг друга:

$$\begin{aligned}\bar{U}_a &= U_a; \\ \bar{U}_b &= U_b \cdot e^{-j120}; \\ \bar{U}_c &= U_c \cdot e^{-j240}.\end{aligned}\quad (1)$$

Так как потребители сельских электрических сетей носят разный характер, полные сопротивления нагрузки определим с учетом коэффициента мощности:

$$\begin{aligned}\bar{Z}_a &= Z_a \cdot e^{-j\varphi_a}; \\ \bar{Z}_b &= Z_b \cdot e^{-j(120-\varphi_b)}; \\ \bar{Z}_c &= Z_c \cdot e^{-j(240-\varphi_c)}.\end{aligned}\quad (2)$$

Фазные токи без учета ЭДС наводимых в трансформаторе потоками прямой, обратной и нулевой последовательностей, определяются по закону Ома:

$$\bar{I}_a^* = \frac{\bar{U}_a}{\bar{Z}_a}; \quad \bar{I}_b^* = \frac{\bar{U}_b}{\bar{Z}_b}; \quad \bar{I}_c^* = \frac{\bar{U}_c}{\bar{Z}_c} \quad (3)$$

Общим методом анализа несимметричных режимов является метод симметричных составляющих.

Разложим фазные токи $\bar{I}_a^*, \bar{I}_b^*, \bar{I}_c^*$ на симметричные составляющие I_1, I_2, I_0 , направив вектор тока в фазе «а» по действительной оси.

$$\begin{aligned}\bar{I}_1 &= \frac{1}{3}(\bar{I}_a^* + e^{-j120} \cdot \bar{I}_b^* + e^{-j240} \cdot \bar{I}_c^*); \\ \bar{I}_2 &= \frac{1}{3}(\bar{I}_a^* + e^{-j240} \cdot \bar{I}_b^* + e^{-j120} \cdot \bar{I}_c^*); \\ \bar{I}_0 &= \frac{1}{3}(\bar{I}_a^* + \bar{I}_b^* + \bar{I}_c^*).\end{aligned}\quad (4)$$

Токи прямой, обратной и нулевой последовательностей создают во всех фазах магнитные потоки, которые в свою очередь индуцируют электродвижущие силы:

$$\begin{aligned}\bar{E}_1 &= \bar{I}_1 \cdot \bar{X}_k \\ \bar{E}_2 &= \bar{I}_2 \cdot \bar{X}_k \\ \bar{E}_0 &= \bar{I}_0 \cdot \bar{X}_0\end{aligned}\quad (5)$$

где $\bar{X}_k$ – индуктивное сопротивление короткого замыкания трансформатора;

$\bar{X}_0$ – сопротивление нулевой последовательности обмоток трансформатора.

В свою очередь индуцируемые ЭДС E_1, E_2, E_0 вызовут в обмотках трансформатора токи прямой, обратной и нулевой последовательностей I_1^*, I_2^*, I_0^* .

На основании схем замещения, представленных на рисунке 1, по второму закону Кирхгофа найдем токи, наведенные ЭДС прямой, обратной и нулевой последовательностей:

$$\begin{aligned}I_1^* &= \frac{E_1}{(\bar{X}_k + \bar{Z}_{II} + \bar{Z}_I)}; \\ I_2^* &= \frac{E_2}{(\bar{X}_k + \bar{Z}_{II} + \bar{Z}_I)}; \\ I_0^* &= \frac{E_0}{(\bar{r}_0 + \bar{Z}_{II} + \bar{Z}_I + \bar{Z}_{III})}\end{aligned}\quad (6)$$

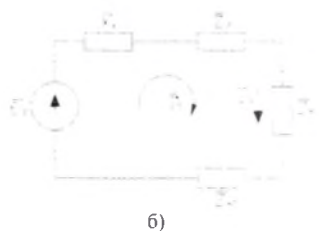
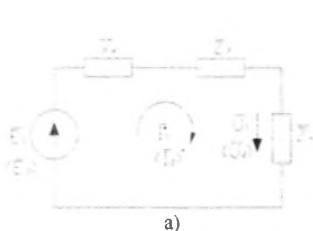


Рисунок 1 Схемы замещения: а – прямой и обратной последовательностей; б – нулевой последовательности

Учитывая дополнительные токи, наводимые ЭДС прямой, обратной и нулевой последовательностей, то во вторичной обмотке трансформатора и нулевом проводе будут протекать токи, которые определяются по следующим выражениям:

$$\begin{aligned}\bar{I}_a &= \bar{I}_1 + \bar{I}_2 + \bar{I}_0 + \bar{I}_1 + \bar{I}_2 + \bar{I}_0; \\ \bar{I}_b &= e^{-j120} \cdot (\bar{I}_1 + \bar{I}_1) + e^{-j240} \cdot (\bar{I}_2 + \bar{I}_2) + \bar{I}_0 + \bar{I}_0; \\ \bar{I}_c &= e^{-j240} \cdot (\bar{I}_1 + \bar{I}_1) + e^{-j120} \cdot (\bar{I}_2 + \bar{I}_2) + \bar{I}_0 + \bar{I}_0; \\ \bar{I}_{nn} &= \bar{I}_a + \bar{I}_b + \bar{I}_c;\end{aligned}\quad (7)$$

Потери в сетях 0,38 кВ состоят из потерь в трансформаторе и потерь в линии. Тогда с учетом токов наведенных ЭДС прямой, обратной и нулевой последовательностей потери рассчитаем по формуле:

$$\begin{aligned}\Delta P_\lambda &= I_a^2 \cdot r_\lambda + I_b^2 \cdot r_\lambda + I_c^2 \cdot r_\lambda + I_{nn}^2 \cdot r_{nn}; \\ \Delta P_{mp} &= 3 \cdot (I_1^2 + I_2^2) \cdot r_\lambda + I_0^2 \cdot r_0; \\ \Delta P &= \Delta P_{mp} + \Delta P_\lambda.\end{aligned}\quad (8)$$

Выше разработанная методика прошла экспериментальную проверку в лабораторных условия. Результаты подтвердили ее достоверность.

выходят из зацепления с полумуфтой редуктора и обеспечивают вращение ротора генератора. Выход из зацепления с редуктором происходит в первоначальный момент раскручивания редуктора (шестерня 20 ещё не уперта в окончание рейки 19). Оптический экран 11 через разноплечий рычаг 10 связан со штоком 2. Поэтому в момент кристаллизации экран перемещается в обратном направлении по отношению движения поршней со штоком. Прорезь 12 оптического экрана 11 устанавливается напротив полуцилиндрической линзы 9, открывая доступ к ней световых лучей. Солнечная энергия через линзу концентрируется в области нахождения рабочего тела 5, осуществляя его нагрев через теплопроводные стенки камеры 7. С течением времени центробежные силы в маховом колесе уменьшаются и в определенный момент времени его угловая скорость становится равной нулю, и он своими выемками входит в зацепление с муфтой редуктора 14. Под воздействием солнечной энергии рабочее тело оттаивает, возвращаясь к исходному объёму. Запасённая потенциальная энергия вещества с упругими свойствами 17, например, пружины, переходит в кинетическую, что приводит к перемещению поршней 3,17 с общим штоком 2 в противоположную сторону. Экран 11 устанавливается в исходное состояние, перекрывая поток солнечной энергии; редуктор и маховое колесо раскручивается в противоположном направлении, рабочее тело охлаждается и т.д.

Был проведён расчёт температуры, сконцентрированной линзой, для диапазона энергетической освещённости $E_s = 16$ до $1,6 \times 10^3$ Вт/м², существующего на земном шаре [1]. По известной методике [2] была выведена формула отражающая связь освещённости и

температуре в фокусе линзы: $T = \sqrt[4]{\frac{1 \cdot E_s}{4 \cdot \sigma}}$, где $\sigma = 5,7 \cdot 10^{-8}$ Вт/м²·град⁴. Тогда температура при

освещённости $E_s = 1,6 \times 10^3$ Вт/м² составит $T = \sqrt[4]{\frac{1 \cdot 1,6 \times 10^3}{4 \cdot 5,7 \cdot 10^{-8}}} = 514,69$ К, что уже больше чем достаточно для нагрева рабочего тела и сокращения обратимости преобразования энергии. Такие преобразователи могут быть использованы в северных районах практически круглый год.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алейников, А.Ф. Синтез принципов действия преобразователей естественных перепадов температуры в механическую энергию / А.Ф. Алейников. – Сиб. вестник с.-х. науки. – 2008. – №9. – С. 71 – 76.
2. Аненко, М.Н. Прикладная оптика / М.Н. Аненко, А.С. Дубовик. – М.: Наука, 1982 – 352с.

УДК 621.311.21

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛОГАРИФИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЛЯ ПОДБОРА ГИДРОТУРБИН ГЭС МАЛОЙ МОЩНОСТИ

Артемчук С.В., к.т.н., доцент

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

Гидроэлектростанции малой мощности в РБ могут использовать гидроэнергетические ресурсы малых и средних рек, потенциал гидротехнических объектов неэнергетического назначения: водохранилищ, перепадов уровней мелиоративных каналов, водопроводящих сооружений очистных сооружений, систем технического водоснабжения ТЭС.

Для равнинных условий Республики Беларусь напоры ГЭС только в редких случаях могут превышать 10 м. На таких небольших напорах применяются главным образом реактивные гидротурбины двух систем: поворотной-лопастные (ПЛ) и некоторые радиально-осевые (РО). Для выявления энергетических и эксплуатационных качеств турбины по их пропускной способности, скорости вращения ротора и способности развивать мощность в практике турбиностроения используются, так называемые приведенные величины.

относящиеся к турбине, работающей при напоре $H=1\text{ м}$ и имеющей диаметр на входе в рабочее колесо $D_1=1\text{ м}$: Q_1' – приведенный расход, n_1' – приведенная частота вращения.

Полное представление об энергетических, эксплуатационных параметрах гидравлической турбины на всех режимах ее работы дает универсальная характеристика, представляющая собой семейство кривых равных значений КПД, в координатах приведенной скорости вращения n_1' и приведенного расхода Q_1' . Универсальные характеристики, с помощью которых определяется синхронная частота вращения ротора турбины, ее мощность высота отсасывания, фактические значения КПД лопастных систем приведены в [1,2].

Гидротурбины выбираются с помощью универсальных характеристик и формул, вытекающих из условия подобия гидромашин:

$$Q_1' = Q / D_1^3 \sqrt{H} \quad (1)$$

$$n_1' = \frac{n D_1}{\sqrt{H}} \quad (2)$$

где величины, относящиеся к рассматриваемой турбине:

Q – расход, $\text{м}^3/\text{с}$, H – напор, м, D_1 – диаметр рабочего колеса, м, n – частота вращения, об/мин;

Подбор ведется по режимной точке, для которой расход Q и напор H являются расчетным. Расчетный расход ГЭС на малой реке принимается обеспеченностью порядка 75...90 % (в среднем 80 %). По отметке НПУ и кривой связи отметки нижнего бьефа с расходами воды в реке находится соответствующий расчетный напор.

В зависимости от напора с учетом эксплуатационно-экономических показателей намечают типы возможных для применения гидротурбин в каждом конкретном случае.

Для подбора турбин в [3] предложено применять эксплуатационные характеристики, построенные в логарифмических координатах. Этот метод обладает большой наглядностью, позволяет быстро наметить 2 или 3 лучших типоразмера турбин и выбрать вариант, обеспечивающий наибольшую выработку электроэнергии.

В основе рассматриваемого метода лежит применение накладочной сетки, которая представляет собой семейство линий равных диаметров D_1 и частот вращения n (рис. 1).

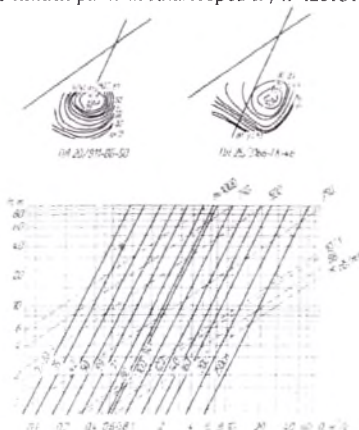


Рис. 1. Накладочная сетка и образцы эксплуатационных характеристик поворотно-лопастных гидротурбин в логарифмических координатах $Q - H$

Сетка построена в логарифмических координатах, при этом оси абсцисс отложен расход Q , а по оси ординат напор H . В качестве постоянных параметров при построении сетки приняты стандартные диаметры рабочих колес турбин D_1 и синхронные частоты вра-

щения n . Точки пересечения линий $D_1 = \text{const}$ и $n = \text{const}$ являются привязочными. Одной из них является точка с координатами $Q=1 \text{ м}^3/\text{с}$, $H=1 \text{ м}$, которая также является привязочной для построения эксплуатационных характеристик гидротурбин. Поэтому через эту точку проводятся прямые при $D_1=1 \text{ м}$ и $n=75 \text{ об/мин}$. Уравнение линий $D_1=\text{const}$ вытекает из (1) $Q = Q'_1 \cdot D_1^2 \sqrt{H}$. Учитывая, что $Q'_1 = 1 \text{ м}^3/\text{с}$, уравнение линий равных диаметров примет вид:

$$Q = D_1^2 \sqrt{H}. \quad (3)$$

В данном уравнении D_1 рассматривается как постоянный параметр, свой для каждой линии. Как указывалось, при построении линий, диаметры рабочих колес турбин принимаются равными стандартным значениям. Исключив из уравнений (1) и (2) диаметр, найдем уравнение для линий $n = \text{const}$:

$$Q = Q'_1 (n'_1)^2 \cdot H^{3/2} / n^2 \quad (4)$$

Подставляя в уравнение (4) $Q'_1 = 1 \text{ м}^3/\text{с}$, и $n'_1 = 75 \text{ об/мин}$, получим уравнение линий $n = \text{const}$ в виде:

$$Q = 5625 \cdot H^{3/2} / n^2. \quad (5)$$

Принимая в качестве n синхронные частоты вращения, строятся линии $n = \text{const}$.

Преимущество логарифмической сетки состоит в том, что характеристика гидротурбины при перемещении ее в разные области сетки не меняет своей формы ввиду того, что при логарифмировании умножение заменяется сложением.

Для наложения на логарифмическую сетку, универсальные характеристики турбин с помощью формул (1) и (2) пересчитываются в эксплуатационные, которые представляют собой семейство линий равных КПД в координатах $Q-H$. Подставляя в формулы (1) и (2) параметры соответствующие привязочной точке, получим:

$$H = 5625 \cdot (n'_1)^2, \quad (6)$$

$$Q = Q'_1 \cdot \sqrt{H}. \quad (7)$$

Эксплуатационная характеристика, а также привязочная точка ($H=1 \text{ м}$, $Q=1 \text{ м}^3/\text{с}$) и пересекающиеся в ней отрезки линий $D_1=1 \text{ м}$ и $n=75 \text{ об/мин}$ переносятся на накладочную сетку. Для подбора турбин на логарифмическую сетку наносятся режимные точки, которые соответствуют предполагаемым условиям работы турбины. Затем на логарифмическую сетку накладывается эксплуатационная характеристика выбранной турбины, таким образом, чтобы режимные точки попали в область высоких КПД и привязочная точка характеристики с перекрестием совпала с одним из перекрестий сетки. Линии соответствующего перекрестия определяют диаметр и частоту вращения турбины. Пример подбора турбин с помощью логарифмических характеристик в координатах $Q-H$ для ГЭС малой мощности приведен в [3].

Рассмотренный метод позволяет выполнять расчеты, получать эксплуатационные характеристики гидротурбин, наносить на характеристики рабочую зону, определять стандартные диаметры рабочих колес и синхронные частоты вращения гидротурбин для проектируемой ГЭС малой мощности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев Ю.С., Саморуков И.С., Хлебников С.Н. Основное энергетическое оборудование гидроэлектростанций. Состав и выбор основных параметров: Учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2002. 134 с.
2. Гидроэлектростанции малой мощности: Учеб. пособие / Под ред. В.В.Елистратова. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2005. 432 с.
3. Костюченко Э.В., С.В. Артемчук, С.Б. Сембур, Л.В. Пивоварчик. Подбор гидротурбин для малых ГЭС с помощью логарифмических характеристик. // Агропанорама. № 4. Мн.: БАТУ, 1997.

ПОСТРОЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГИДРОТУРБИН В ЛОГАРИФМИЧЕСКИХ КООРДИНАТАХ $N-H$

Артемичук С.В., к.т.н., доцент, Бартошик С.В., Жибуль А.А., студенты

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

При проектировании малых ГЭС одним из важнейших вопросов является подбор гидротурбин, которые могут иметь специфические особенности, связанные, прежде всего с расширением номенклатуры выпускаемого оборудования, условиями эксплуатации.

Если ГЭС строится при водохранилище с объемом достаточным для суточного регулирования, то уровень воды в верхнем бьефе при работе гидроагрегатов по суточному графику нагрузки будет меняться в широких пределах и однозначной зависимости напора от расхода не будет. В этом случае при подборе турбин режимные точки наносятся на три горизонтальные прямые соответствующие максимальному, среднему и минимальному напорам.

В случаях, когда ГЭС участвует в суточном регулировании, исходными данными для подбора турбин будут напор и мощность, соответствующая суточному графику нагрузки. При этом среднесуточная мощность ГЭС определяется мощностью водотока и вычисляется по формуле:

$$N = \rho g Q H \cdot \eta, \quad (1)$$

где N – мощность ГЭС, кВт; Q , H – расход, $\text{м}^3/\text{с}$ и напор, м, ГЭС;

$\rho = 1000 \text{ кг}/\text{м}^3$; $g = 9,81 \text{ м}/\text{с}^2$; η – средний КПД турбин.

Поскольку суточным графиком нагрузки задаются мощности ГЭС, предлагается для подбора гидротурбин использовать эксплуатационные характеристики в координатах

$N-H$. Построение такой характеристики ведется в следующем порядке:

- на универсальной характеристике выбирается по очередности одна из линий равного КПД, на ней намечаются точки для перерасчета и для них определяются приведенные величины Q'_i и n'_i , вычисляется соответствующий напор,

$$H = 5625 \cdot (n'_i)^2, \quad (2)$$

мощность

$$N = \rho g Q'_i H^{3/2} \cdot \eta \quad (3)$$

- точки, координаты которых определены по формулам (2) и (3) откладываются в координатах $\lg N - \lg H$ и соединяются линиями равного КПД.

Накладочная сетка строится в тех же координатах, что и эксплуатационные характеристики. Сетка представляет собой систему пересекающихся линий $D_i = \text{const}$ и $n = \text{const}$. Для вывода уравнений этих линий решим уравнения (3) и (4), исключив из них расход Q .

$$Q'_i = Q / D_i \sqrt{H} \quad (4)$$

Из полученного выражения найдем мощность:

$$N = \rho g Q'_i H^{3/2} \cdot \eta \cdot D_i^2 \quad (5)$$

Заменяя в полученной формуле диаметр с помощью формулы:

$$n'_i = \frac{n D_i}{\sqrt{H}}, \quad (6)$$

получим

$$N = \rho g Q'_i H^{5/2} \cdot \eta \cdot (n'_i)^2 / n^2 \quad (7)$$

Подставляя в (5) и (7) $\rho = 1000 \text{ кг}/\text{м}^3$; $g = 9,81 \text{ м}/\text{с}^2$; $\eta = 1$

и параметры соответствующие привязочной точке, найдем:

$$N = 9,81 H^{3/2} \cdot D_1^2, \quad (8)$$

$$N = 55200 \cdot H^{5/2} / n^2 \quad (9)$$

Для величин, входящих в формулы (8) и (9), приняты единицы: N в кВт, D_1 , H – в м. и n в об/мин.

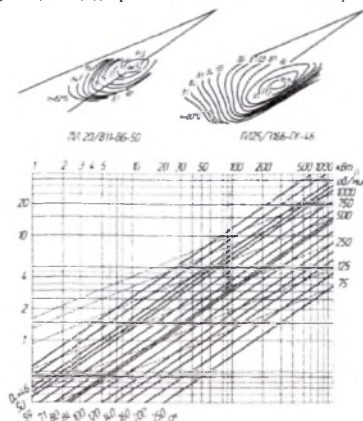


Рис.1. Накладочная сетка и образцы эксплуатационных характеристик поворотно-лопастных гидротурбин в логарифмических координатах $N - H$

Эксплуатационная характеристика, а также привязочная точка и пересекающиеся в ней отрезки линий $D_1 = 1$ м и $n = 75$ об/мин переносятся на накладочную сетку.

Фрагмент подбора турбин с помощью эксплуатационных характеристик в координатах $N - H$ для ГЭС малой мощности приведен на рис.2.

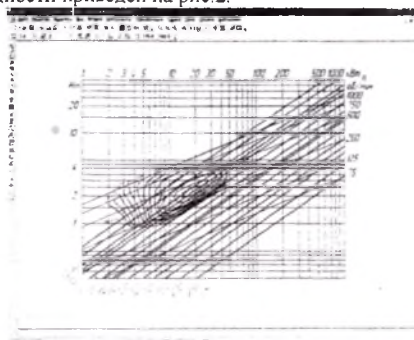


Рис.2. Совмещение универсальных эксплуатационных характеристик и накладочной сетки в логарифмических координатах $N - H$ в чертежно-графическом редакторе (КОМПАС – График).

При наличии построенных эксплуатационных характеристик гидротурбин и накладочной сетки, рассмотренный метод позволяет достаточно просто из большого количества вариантов выбрать турбину, обеспечивающую наибольшую выработку электроэнергии. В случае, когда ГЭС имеет водохранилище, позволяющее обеспечить работу ГЭС по суточному графику нагрузок, целесообразно применять сетку и эксплуатационные характеристики в координатах $N - H$.

ПОСТРОЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГИДРОТУРБИН В ЛОГАРИФМИЧЕСКИХ КООРДИНАТАХ $Q-H$

Артемычук С.В., к.т.н., доцент, Есипенко А.П., Каргузов С.Н., студенты

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

При оптимальных режимах работы гидроагрегата значения КПД достигают высокого уровня для всех типов турбин. Однако изменение режимов работы, т.е. при изменении мощности, напора, КПД существенно изменяется, но в разной степени у различных типов турбин.

Об эксплуатационных качествах гидротурбин можно судить по рабочим характеристикам, отражающим зависимости величины КПД от мощности или расхода.

Характер этих зависимостей неодинаков у разных типов и систем турбин. У радиально-осевых турбин и пропеллерных турбин только в узкой зоне режимов наблюдаются высокие значения КПД. В связи с этим гидроагрегаты с такого рода турбинами следует эксплуатировать в небольшом диапазоне изменения мощности и напора. Эти турбины с одинарной системой регулирования целесообразно устанавливать на малых ГЭС и мини ГЭС при незначительных колебаниях уровня воды в водохранилищах [1]. Следует заметить, что если диапазон рабочих режимов в поле универсальных характеристик РО и ПЛ турбин достаточно большой, в пределах от номинальной мощности $N_{ном}$ до $0,25 \div 0,3 N_{ном}$ и от приведенной частоты вращения ротора n'_{min} до n'_{max} , то зона работы пропеллерных турбин ограничивается режимами располагаемых на линии угла установки лопастей.

Фактические значения КПД во всех возможных режимах работы турбины в реальных условиях можно получить на эксплуатационной характеристике. Она строится в логарифмических координатах расхода Q по оси абсцисс и напора H по оси ординат.

Эксплуатационные характеристики пересчитываются в следующем порядке:

- на универсальной характеристике выбирается одна из линий равного КПД, которую надо пересчитать и на ней намечаются точки, которые должны быть перенесены на эксплуатационную характеристику (их количество должно обеспечивать требуемую точность);
- для намеченных точек на универсальной характеристике определяются приведенные величины расхода Q_1' и частоты вращения n_1' , вычисляются соответствующие напор и расход;
- полученные точки эксплуатационной характеристики наносятся на логарифмическую сетку, и по ним строится соответствующая линия равного КПД;
- аналогично строятся остальные линии.

Перерасчет характеристик производится на ПЭВМ с помощью программы Microsoft EXCEL. Создана локальная база данных, получены эксплуатационные характеристики поворотно-лопастных и некоторых радиально-осевых гидротурбин в логарифмических координатах $Q-H$.

Эксплуатационная характеристика, а также привязочная точка ($H=1$ м, $Q=1$ м³/с) и пересекающиеся в ней отрезки линий $D_1=1$ м и $n=75$ об/мин переносятся на накладочную сетку. Совмещение универсальных эксплуатационных характеристик и сетки ведется в чертежно-графическом редакторе (КОМПАС – График).

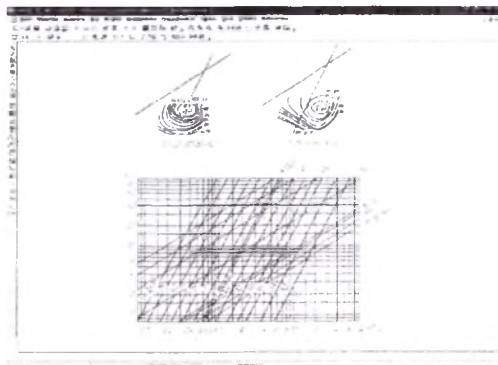


Рис.1. Эксплуатационные характеристики построенные в координатах $Q - H$ для турбин ПЛ 20, ПЛ 25.

Пример использования эксплуатационной характеристики в логарифмических координатах $Q - H$ по подбору гидротурбины ПЛ 20 показан на рис.2.

На накладочную сетку наносятся режимные точки, которые соответствуют предполагаемым режимам работы турбины. Затем, накладывается эксплуатационная характеристика выбранной турбины, в данном случае ПЛ 20, таким образом, чтобы режимные точки попали в область высоких КПД и привязочная точка характеристики с перекрестием совпала с одним из перекрестий сетки. Линии соответствующего перекрестия определяют диаметр $D_l = 120$ см и синхронную частоту вращения турбины $n = 500$ об/мин. В отдельных случаях частота вращения турбины может отличаться от синхронной, если, между турбиной и генератором предусмотрена механическая передача, например, редуктор, что допускается при малой мощности турбины.

Таким образом, при наличии построенных эксплуатационных характеристик гидротурбин и накладочной сетки, рассмотренный метод подбора ввиду большой наглядности позволяет достаточно просто из большого количества вариантов выбрать турбину, обеспечивающую наибольшую выработку электроэнергии. В случае, когда ГЭС не имеет возможности из-за малого объема водохранилища обеспечивать суточное регулирование, рекомендуется для подбора гидротурбин применять сетку и эксплуатационные характеристики в координатах $Q - H$.

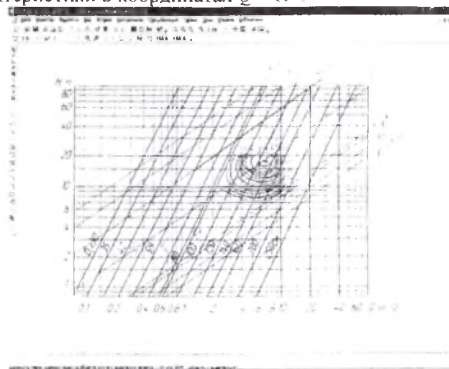


Рис.2. Совмещение универсальных эксплуатационных характеристик и накладочной сетки в чертежно-графическом редакторе (КОМПАС – График).

ЛИТЕРАТУРА

1. Гидроэлектростанции малой мощности: Учеб. пособие / Под ред. В.В.Елистратова. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2005. 432 с.
2. Костюченко Э.В., С.В. Артемчук, С.Б. Сембур, Л.В.Пивоварчик. Подбор гидротурбин для малых ГЭС с помощью логарифмических характеристик. // Агропанорама, № 4, Мн.: БАТУ, 1997.

УДК 631

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ГАЗОГЕНЕРАТОРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ГРАНУЛИРОВАННОГО ТОПЛИВА

Артемьев В.П., Бохан Н.И., к.т.н., профессор, Артемьев П. В., Вербицкий В.Ф.

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

Увеличение объемов использования местных топливных ресурсов происходит за счет древесного топлива и отходов переработки древесины, торфа, горючих отходов всех видов производств, в месте с тем происходит рост производства прессованного биотоплива.

Топливные гранулы (пеллеты) это глубоко переработанный и экологически чистый вид топлива. Преимуществом использования прессованного биотоплива является, во-первых, большая теплотворная способность по сравнению со щепой и с кусковыми отходами древесины. Во-вторых, меньшая стоимость оборудования для котельных установок мощностью до 2 МВт, по сравнению с установками по сжиганию древесных отходов.

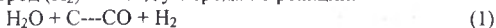
Древесные отходы, щепы, используемые в качестве топлива требуют больших хранилищ, сложных механизмов подачи в котлы.

Прямое сжигание местных твердых топлив не рационально из-за низкого коэффициента полезного действия этой технологии. Коэффициент полезного действия существующих малых котлов при слоевом сжигании твердых топлив ни при каких условиях не превышает 50 %. Повышение КПД возможно за счет газификации твердых топлив в чистом виде или в смеси с другими видами органического топлива. Поэтому рациональным способом получения тепловой энергии является газификация твердых топлив с производством горючих (генераторных) газов в газогенераторах. При этом повышается надёжность, экономичность и безопасность тепломеханического оборудования [1].

К настоящему времени разработано значительное количество разнообразных конструкций газогенераторов в зависимости от назначения газа, качества и вида исходного топлива. Газогенераторы позволяют обеспечить высокоэффективное сжигание всех видов твердого топлива в режиме газогенерации и получить экологический выброс наносящий минимальный вред окружающей среде. Результаты замеров выбросов при работе газогенераторов на древесных отходах или топливных брикетах из лигнина показывают, что выбросы по количественному и качественному составу близки к выбросам при работе котлов на природном газе. Газогенераторы, работающие на торфяных брикетах, обеспечивают снижение потребления топлива в 1,5-2 раза по сравнению со сжиганием их непосредственно в топках котлов. Это еще один фактор снижения выбросов в атмосферу.

В УО «БАТУ» разработана газогенераторная установка (рис.1) работающая на пеллетах. Отличительной особенностью данного газогенератора является то, что топливом служат только пеллеты, которые подаются автоматически в активную зону корпуса газогенератора. Корпус газогенератора футерован огнеупорным кирпичом, вместо бункера для топлива и рассекателя выполнен свод. Пеллеты подаются шнеком на колосники.

Сгорание части пеллет происходит при отрицательном коэффициенте избытка воздуха, выделяемое тепло обеспечивает процесс сухой перегонки основной части топлива, в результате которого из него выделяются газообразные и парообразные продукты, а само топливо превращается в кокс. Получающиеся продукты горения и пары проходят через слой кокса. Здесь под действием раскаленной поверхности негорючий CO_2 превращается в горючий - оксид углерода (CO). В этой зоне происходит и разложение водяных паров; в результате чего получается также водород (H_2) и оксид углерода по реакции:



или, при недостаточной температуре, водород и диоксид углерода:



В состав горючего газа входит небольшое количество метана и других углеводородов. Из активной зоны газы поступают в жаровую трубу, где происходит их сжигание, для чего в жаровую трубу подается вторичный атмосферный воздух. Образующиеся продукты сухой перегонки (смолы, кислоты), проходя через активный слой топлива, частично сгорают, а частично подвергаются крекинг-процессу (разлагаются с выделением горючих газов) и не вызывают засмоления деталей установки, т.е. при этом обеспечивается получение без смоляного газа [2].

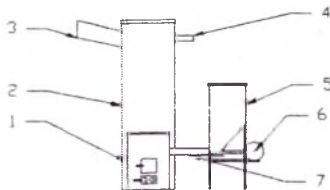


Рис.1 Газогенераторная установка для гранулированного топлива.

1-газогенератор, 2-кожухотрубный теплообменник, 3 -дымоотводящий патрубок, 4 – подача теплоносителя в систему отопления, 5 – бункер для пеллет, 6 – привод шнека, 7 – шнек топливоподачи.

Смолы не разложившиеся в газогенераторе полностью сгорают в жаровой трубе. Часть тепловой энергии аккумулируется футеровкой и поддерживает стабильность процесса газогенерации. Для автоматизации работы газогенератора использован отечественный регулятор расхода тепла «Рацион-Комби» который по заданному отопительному графику в зависимости от температуры наружного воздуха и автоматического регулирования расхода тепла в системе отопления включает привод шнека подачи топлива [3]. Количество топлива необходимого для поддержания заданных параметров в системе отопления регулируется частотой и временем работы шнека. Периодичность обслуживания установки зависит от зольности пеллет и размеров бункера. Оптимальное соотношение позволит выполнять чистку зольника при каждом наполнении бункера топливом. Конструкция газогенератора позволяет, без каких либо изменений регулировать тепловую производительность от 10 до 100% номинальной.

Описанный газогенератор установлен в здании жилищно-коммунального отдела районного исполнительного комитета г.Кличева Могилевской обл. Кличевской демонстрационной зоны газогенераторных отопительных установок. Проводимые испытания показали эффективную работу оборудования. Данные газогенераторные установки могут широко применяться для получения тепловой энергии, необходимой для отопления помещений выступа альтернативной газовым котлам в местностях, не имеющих разветвленных газопроводных сетей. В настоящее время уже налажен выпуск таких газогенераторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Артемьев В.П., Бохан Н.И. Экологические аспекты использования энергоресурсосберегающих технологий получения тепловой энергии. Материалы научно-

практической конференции «Состояние и пути развития рационального природопользования и охраны окружающей среды Беларуси и России», г. Полоцк 2006 г. Минск, РУП «Бел НИЦ «Экология».

2. Альтшулнер В.С. Новые процессы газификации твердого топлива. М., «Недра» 1976.-279с.

3. http://www.termoblok.by/index.php?category=3&parent_id=0

БИОГАЗОВЫЕ УСТАНОВКИ КАК СРЕДСТВО УЛУЧШЕНИЯ ЭКОЛОГИИ И ПОЛУЧЕНИЯ ЭНЕРГИИ

Баран А.П., к.т.н., доцент, Семенихина Е. А

*Международный государственный экологический университет имени А.Д. Сахарова,
г. Минск, Республика Беларусь*

Согласно Директиве Президента Республики Беларусь № 3 «Экономия и бережливость – главные факторы экономической безопасности государства» в 2012 году в стране должно быть обеспечено не менее 25 процентов объема производства электрической и тепловой энергии за счет использования местных видов топлива, вторичных энергетических ресурсов и альтернативных источников энергии.

Использование отходов птицеводства, животноводства и растениеводства как альтернативных и возобновляемых источников тепловой и электрической энергии давно является одним из важнейших направлений в энергетической стратегии многих стран мира. Особое внимание уделяется развитию технологий получения биогаза, получающегося при утилизации отходов сельскохозяйственных производств.

Выход биогаза зависит от вида сырья, сбраживаемого в метантенке. Примерные значения по среднему удельному выходу биогаза при переработке различных сельскохозяйственных отходов приведены в таблице.

Материал	Выход биогаза на ед.массы сухого органич. в-ва, л/кг	Материал	Выход биогаза на ед.массы сухого органич. в-ва, л/кг
Навоз свиней	340...550	Конопля	380
Навоз КРС	90...310	Трава	280...550
Навоз лошадей	200...300	Ракита	405
Помет птиц	310...620	Камыш	170
Навоз овец	90...310	Клевер	430...490
Солома		Ботва картофеля	280...490
Пшеницы или ржи	200...300	Листья кормовой сахарной свеклы	400...500
Ячменя	250...300	Сельхозотходы	310...430
Овса	290...310	Листва	210...290
Кукурузы	380...450	Водоросли	420...500
Лен	360	Ил каналов	310...740

При сбраживании органических отходов в биогазовых установках решают две основные задачи:

- получение энергетических ресурсов (биогаз, электричество, тепло);
- получение экологически чистых органических удобрений.

На биогазе могут работать газосжигающие устройства, вырабатывающие энергию, которая используется для отопления, освещения, а также водонагреватели, газовые плиты и двигатели внутреннего сгорания.

Переработанные в биогазовых установках органические отходы превращаются в биомассу, которая содержит значительное количество питательных веществ и может быть

использована в качестве биоудобрения и кормовых добавок.

Биоудобрению присущ намного менее интенсивный запах, чем запах используемого сырья. Все питательные для растений вещества, такие как азот, фосфор, калий и магний, а также микроэлементы и витамины, необходимые для роста растений, сохраняются в биоудобрении. Значительным преимуществом биоудобрений перед навозом, перепревшим в естественных условиях, является то, что при сбраживании навоза в биогазовых установках погибает значительная часть яиц гельминтов, патогенных микроорганизмов и семян сорняков, содержащихся в навозе. Наличие поливирусов снижается на 98,5%, индекс Э.коли – с 10^8 до $10^5 \dots 10^4$ и паразитных зародышей – на 90...100 %. В 1 тоне свежего навоза КРС находится до 10 тыс. семян сорняков, 99 % которых после биогазовой установки теряют всхожесть.

В сельскохозяйственных организациях Республики Беларусь насчитывается 8973 животноводческих ферм, комплексов и птицефабрик, в том числе 5519 молочно-товарных ферм, 2567 ферм и комплексов по выращиванию крупного рогатого скота, 85 свиноводческих ферм и комплексов и 62 птицеводческие организации. Ежегодно в стране образуется 25 млн. м³ животноводческих стоков и до 1,46 млн. т. у. т. отходов растениеводства, которые могут быть использованы для получения биогаза и биоудобрений. Энергетический потенциал биогаза в Беларуси оценивается на уровне около 1 млн. т. у. т.

УДК 636.085.52

ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТА «ЛАКСИЛ» НА ПИТАТЕЛЬНОСТЬ СИЛОСА ИЗ ЛИСТОСТЕБЕЛЬНОЙ МАССЫ ТОПИНАМБУРА

Горный А.В., канд. с-х наук, доцент, Бойко Т.В., к.т.н., доц., Жишкевич М.М., канд. с-х наук, ст. н. сотрудник

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

Введение. Силосование – сложный микробиологический и биохимический процесс консервирования сочной растительной массы. Кислая реакция среды, создаваемая молочнокислыми бактериями является основным условием, определяющим сохранность корма. Поэтому главная задача при силосовании кормов заключается в создании оптимальных условий для их жизнедеятельности. К основным факторам, определяющим правильное течение молочнокисло-брожения, относится благоприятный химический состав исходного сырья и создание анаэробных условий.

Сокращение потерь питательных веществ при заготовке силоса остается одной из важнейших проблем. Поэтому большое значение придается использованию химических, биологических и микробиологических консервантов, способствующих снижению потерь питательных веществ в 3-5 раз, повышению выхода силоса на 15-20%.

В качестве консервирующих веществ применяют многие химические соединения. Основой действия этих веществ является способность ингибировать процессы дыхания силосующихся растений и жизнедеятельность находящихся в них микроорганизмов.

Следует знать, что существенный недостаток минеральных кислот как консервантов состоит в том, что при их использовании получается силос с высокой кислотностью (рН 3,0-3,5), который непригоден для скармливания животным, так как снижает их продуктивность, вызывает ацидоз, гипомagneзмию и тимпанию. Негативные свойства кислот в наибольшей степени проявляются при несбалансированных рационах. Особенно нежелателен такой силос в кормлении высокопродуктивных животных.

Более эффективны органические кислоты, обладающие бактерицидными,

бактериостатическими и фунгицидными свойствами. Они более токсичны для микроорганизмов, чем минеральные, и безвредны для животных [1].

В поисках максимально эффективных и экологически безопасных технологий перспективным представляется способ улучшения силосования растений с помощью бактериальных препаратов, которые обладают рядом преимуществ по сравнению с химическими консервантами. Они практически безвредны для человека, животных и экологической среды, сравнительно дешевые, удобны в применении, однако, как показывает практика, не всегда надежны при силосовании высокобелковых культур. Бактериальные препараты вовлекают в ферментацию сложные углеводы, обычно не используемые при спонтанном брожении, и за счет этого улучшают силосуемость зеленой массы.

Одним из таких препаратов является «Лаксил». Опыты, проведенные сотрудниками Института животноводства НАН Беларуси в ряде хозяйств Минской области показали, что силос, полученный с использованием бактериального препарата «Лаксил», отличался от необработанного более высоким содержанием питательных веществ и лучшими органолептическими свойствами, поэтому охотнее поедался животными и положительно влиял на их продуктивность. При скормливании силоса, приготовленного с использованием вышеуказанного препарата, удой молока повышался на 7 – 10%, а жирность молока возросла при этом на 0,1%. Внесение бактериального препарата способствовало снижению расхода кормов на единицу продукции в 1,5 раза, в результате чего их себестоимость снизилась на 12,8%. Затраты на приобретение и внесение консерванта окупались увеличением прибыли на голову скота на 25,3% [2].

В ранее проведенных исследованиях было выявлено, что топинамбур в фазе цветения относится к легко силосуемым культурам [3], а силос по своей питательности и биохимическим показателям превосходит силос из кукурузы в фазе молочно – восковой спелости [4].

Исследования украинских ученых показали, что добавление в силосуемую массу топинамбура биологического консерванта «Литосил» способствует молочно-кислому брожению, при котором угнетаются посторонние бродильные процессы, уменьшаются потери белка и углеводов и ускоряется созревание силоса [5].

Цель исследований: выявить влияние биологического препарата «Лаксил» на биохимический состав и питательность силоса из топинамбура.

Основная часть. Для приготовления силоса использовали растения сорта Интерес. Их срезали в начале октября 2007 - 2008 гг. После срезки надземной части листья и стебли растений измельчали на отрезки длиной 1-1,5 см. Препарат «Лаксил» вносили из расчета 1,0 л на 15 т зеленой массы [6]. После перемешивания силосуемую массу поместили в трехлитровые стеклянные банки. Приготовленную массу тщательно уплотнили и закрыли двойной полиэтиленовой крышкой. Для лучшей герметизации стыки стеклянной банки и полиэтиленовой крышки залили расплавленным парафином. После этого образцы поместили в темное прохладное помещение на два месяца для созревания. По истечении этого срока провели зоотехнический анализ хранящихся образцов. В качестве контроля взяли образцы силоса, необработанные препаратом.

Качество силос из топинамбура определили согласно СТБ-1223-2000. «Силос из кормовых растений» [7].

Содержание кормовых единиц и обменной энергии определили расчетным методом. Содержание влаги определили согласно ГОСТу 13496.3 - 92-97. Содержание сырого протеина определили согласно ГОСТу 13496.4-93 п.2. Содержание сырого жира определили согласно ГОСТу 13496.15-97. Содержание золы определили согласно ГОСТу 26226-95 п.1. Содержание кальция определили согласно ГОСТу 26570-95. Содержание фосфора определили согласно ГОСТу 26657 -97. Содержание клетчатки определили согласно ГОСТу 13496.5-91. РН (активную кислотность) определили согласно ГОСТУ 26180.

Результаты исследований и их обсуждение. Результаты исследований представлены в таблице 1. Анализ биохимического состава силоса показывает, что препарат «Лаксил»

оказывает определенное влияние на его качество и наличие обменной энергии. По сравнению с контрольным вариантом наличие в силосе отобраных молочнокислых бактерий привело к уменьшению содержания сухого вещества (на 1,2%), клетчатки (на 2%) и сахара (на 5%) в одном килограмме натурального корма. В то же время при применении препарата содержание сырого протеина возросло на 11,6%, а жира – на 31,6%. Содержание обменной энергии в корме снизилось на 6,2%. Особенно ощутимым оказалось изменение кислотности силоса. Под влиянием жизнедеятельности молочнокислых бактерий кислотность силоса повысилась на 0,7 ед.

Содержание питательных веществ в 1 кг сухого вещества корма является более объективным показателем качества этого корма. При применении препарата «Лаксил» содержание кормовых единиц и обменной энергии в сухом веществе осталось на том же уровне, но по всем другим показателям наблюдалось значительное улучшение качества корма. Так, в 1 кг сухого вещества в контрольном варианте содержание сырого протеина и жира составляло только 85% от опытного варианта. Наблюдалось также увеличение содержания минеральной части корма (Са, Р) на 9 – 11% соответственно.

Таблица 1- Питательная и энергетическая ценность корма из зеленой массы топинамбура, 2007– 2008 гг.

Показатели	Зеленая масса топинамбура	Зеленая масса топинамбура +лаксил	Зеленая масса топинамбура	Зеленая масса топинамбура +лаксил
	(1 кг натурального корма)		(1 кг сухого вещества)	
Сухое вещество, %	25,1	23,9	-	-
Кормовые единицы, кг	0,24	0,23	0,89	0,88
Обменная энергия, МДж	2,72	2,55	10,5	10,4
Сырой протеин, г	16,4	18,3	65,3	76,6
Переваримый протеин, г	10,8	12,0	43,0	50,2
Сырой жир, г	6,26	8,24	24,9	34,5
Клетчатка, г	62,1	60,9	247,4	254,8
Сахар, г	3,17	3,02	12,6	12,6
Кальций, г	1,41	1,50	5,62	6,28
Фосфор, г	0,66	0,59	2,27	2,47
pH	4,6	3,9	-	-
Состав кислот, %:				
Молочная кислота	76,6	76,7	-	-
Уксусная кислота	23,4	23,3	-	-
Масляная кислота	-	-	-	-

Результаты наших опытов и исследования других ученых показывают [3], что характерной чертой топинамбурового силоса является его низкая кислотность. Это обусловлено высоким содержанием сухого вещества и кальция в силосуемой массе. Согласно требованиям, предъявляемым к качеству силоса, его pH для большинства культур должна колебаться в пределах 3,9-4,2 [7]. Наиболее благоприятное влияние этого препарата оказалось именно в этом плане. Вторым положительным моментом применения препарата «Лаксил» является повышение содержания азотосодержащих соединений и жира в конечном продукте.

Заключение

Препарат «Лаксил» оказывает благоприятное влияние на качество силоса из топинамбурового сырья. На 15% увеличивается содержание сырого протеина и жира в сухом веществе корма и на 9-11% - его минеральной части. Специально отобраные молочнокислые бактерии, содержащиеся в этом препарате, интенсифицируют процесс молочнокислой ферментации и оптимизируют его кислотность.

ЛИТЕРАТУРА

1 Справочник по приготовлению, хранению и использованию кормов. Под редакцией доктора сельскохозяйственных наук, профессора П.С. Авраменко. Мн., «Ураджай», 1993, стр.28-29.

2 Романович А. Экономическая эффективность применения бактериального препарата «Лаксил» при использовании травяного силоса. В ж: Агроэкономика, 2004, №6, стр.20 – 21.

3 Горный А.В. Технология возделывания топинамбура на семенные цели (Научно – методическое пособие), Мн., 2000.- 34с.

4 Горный А.В., Ерошов А.И. Сравнительная характеристика силосов из листостебельной массы топинамбура и других кормовых культур. В кн: Роль адаптивной интенсификации земледелия в повышении эффективности аграрного производства. Жодино, 1998, Т.2, с.138-141.

5 Архипенко Ф.Н. и др. Топинамбур: выращивание и использование. Киев, «Крешатик», 1992, - 23 с. (На украинском языке).

6 Инструкция по применению препарата биологического «Лаксил». ТУ РБ 100289066.016 – 2000.

7 СТБ-1223-2000. Силос из кормовых растений. Общие технические условия.

УДК 633.49:582.998

ТОПИНАМБУР (*HELIANTHUS TUBEROSUS* L.) ПЕРСПЕКТИВНАЯ БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА

¹ Горный А.В., канд. с.-х. наук, доцент, ² Ярошевич М.И., канд. с.-х. наук, доцент,

² Вечер Н.Н., канд. биол.наук

¹ УО «Белорусский государственный аграрный технический университет».

² ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси»

г. Минск, Республика Беларусь

В программных документах и мероприятиях по обеспечению энергетической безопасности нашей республики одной из важнейших задач является вовлечение в энергетический баланс местных возобновляемых энергоресурсов. В целях снижения энергозависимости от нефтегазовых ресурсов в Республике Беларусь, как и в мировом сообществе, ведутся работы по развитию биоэнергетики. Преимущества биоэнергетики очевидны. Это рост экономики сельского хозяйства на основе ее диверсификации, развитие сельских регионов и улучшение экологии. С точки зрения экономики это приведет к снижению себестоимости производимой продукции, повысит качество и следовательно конкурентоспособность товаров народного потребления, снизит зависимость от невозобновляемых энергоресурсов, и в конечном итоге повысит уровень энергетической, следовательно, национальной безопасности республики, как страны с ограниченными ресурсами природных ископаемых. Как свидетельствует мировой опыт, использование возобновляемого сырья для производства энергии является одной из актуальнейших проблем современности. Основным источником возобновляемого сырья является биомасса растений. В этих условиях многие развитые страны ведут активные работы по созданию и совершенствованию промышленных технологий по переработке растительного сырья в моторное топливо, альтернативное топливо из нефти и газа.

Следует отметить, что даже страны, у которых значительные запасы углеводородного сырья, достигли существенного технического прогресса в производстве энергии из биомассы. В этих условиях Республика Беларусь, не обладающая природными запасами углеводородного сырья, не может оставаться в стороне от развития альтернативной

энергетики. По утверждению ряда авторов [1,2,5], из биомассы ряда сахаросодержащих и крахмалосодержащих растений с успехом получают жидкое топливо – биоэтанол, как альтернатива бензину. А в результате химических реакций эфиров растительных масел с метанолом получают биодизель, как альтернатива топлива для дизельных двигателей. Известно более 100 видов растений которые могут служить сырьем для производства биодизеля. Так биоэтанол и биобутанол успешно получают из сахарного тростника, сорго, кукурузы, пшеницы, сахарной свеклы и других культур. В Европе наиболее распространенным сырьем для производства биодизеля служит рапс, а в странах Америки – соя. В последние годы в Белорусском государственном аграрном техническом университете и в отделе растительных ресурсов Центрального ботанического сада НАН Беларуси проводится значительная работа по формированию коллекций новых нетрадиционных и малораспространенных крупнотелельных высокопродуктивных травянистых растений, биомасса которых, по нашему мнению, может рассматриваться как сырье для биоэнергетики. Совместные комплексные исследования БГАТУ и ЦБС НАН Б показали, что для нашей климатической зоны особую перспективность, экономическую и экологическую привлекательность представляет использование биомассы (зеленая масса + клубни) топинамбура (земляной груши) в производстве биотоплива (биоэтанола) для двигателей внутреннего сгорания. Проводимые исследования показали, что на средних по плодородию дерново-подзолистых почвах, при невысоких дозах вносимых минеральных удобрений сбор сухого вещества фитомассы топинамбура в среднем достигал 27,5 т/га, а клубней 14,4 т/га, а общий сбор сухого вещества биомассы составлял более 40,0 тонн с гектара. Расчеты показали, что выход сухой фитомассы у топинамбура существенно превышает этот показатель у традиционных культур.

Литературные данные [1,2,3,4,5] показали, что выход этилового спирта из сырья топинамбура составляет из зеленой массы 3 – 4 %, а из клубней – 7 – 10%. В наших исследованиях получены аналогичные данные. Выход этилового спирта из 1 т клубней топинамбура составил 10 дал. Анализ полученного спирта показал, что он имеет высокие качественные показатели (табл. 1)

Таблица 1 – Качество спирта - сырья полученного из клубней топинамбура

№/п	Наименование показателей	Норма (зерно-картофельный спирт) ГОСТ 131 - 67	Фактический из клубней топинамбура
1	2	3	4
1.	Объемная доля этилового спирта, % не менее	88,0	61,8
2.	Массовая концентрация альдегидов, в пересчете на уксусный, в б/в спирте, мг/дм. куб. не более	500	4,5
3.	Массовая концентрация сивушного масла, в пересчете на смесь изоамилового и изобутилового спирта (3 : 1), в спирте, мг/дм. куб., не более	5000	18,1
4.	Массовая концентрация эфиров, в пересчете на уксусно-этиловый, в б/в спирте, мг/дм. куб. не более	300	57,2

При средних урожаях топинамбура в условиях республики, которые позволяют формировать урожай клубней 30,0 – 40,0 т/га и зеленой массы 40,- 50,0 т/га выход этилового спирта будет составлять порядка 4500 – 6000 литров с гектара. Это убедительно свидетельствует, что один гектар посадок топинамбура, при средних урожаях, обеспечивает в 3 – 5 раз больший выход этилового спирта (биоэтанола) в сравнении с гектаром посевов зерновых культур или картофеля.

Кроме того расчеты показывают, что используя для производства этилового спирта биомассу топинамбура, экономия посевных площадей в сравнении с зерновыми культурами

составляет в 8 и более раз. Отмечая важность проводимых работ по возделыванию биоэнергетических культур следует привести высказывание экс-министра сельского хозяйства Российской Федерации А.Гордеева, который обсуждая перспективы производства возобновляемого сырья для биоэнергетики в сельском хозяйстве говорил: «Через 25-30 лет Министерство сельского хозяйства возможно станет Министерством сельского хозяйства и энергетики, а биоэтанол станет в мире самым востребованным продуктом не только как питание, но и как энергия».

В докладе приводятся основные результаты комплексных исследований по оценке биологической продуктивности и разработке основных приемов агротехники топинамбура, которые проводятся совместно в БГАТУ и ЦБС НАН Беларуси. Почву опытных участков с посадками топинамбура по основным показателям характеризующим плодородие (содержание гумуса, P_2O_5 , K_2O и pH) следует отнести к среднекультуренной. В качестве основного объекта исследований был взят видообразец топинамбура полученный из Канады. Работы с топинамбуром проводились в мелкоделяночных полевых опытах. Растения ежегодно пересаживали. Фенологические наблюдения проводились по общепринятой в ботанических садах методике (1987), замеры роста по высоте – один раз в 10 дней в течение вегетационного периода. Продуктивность надземной и подземной части топинамбура определялась весовым методом. Все эксперименты выполнены в 4-х кратной повторности (ежегодно). Полученные результаты подвергнуты статистической обработке. В полевых условиях изучалось влияние вносимых минеральных удобрений ($N_{60} P_2O_{5(30)} K_2O_{(120)}$ кг/га д.в.) и веса семенных клубней при посадке (средний вес мелкой фракции 25г, средней – 45 и крупной – 75 г) на продуктивность и урожайность зеленой массы и клубней. Дозы вносимых минеральных удобрений взяты с учетом обеспеченности почвы этими элементами и планируемой биопроductивности (зеленая масса + клубни). В исследованиях установлена положительная зависимость роста урожая топинамбура от применяемых минеральных удобрений и от веса клубней используемых для посадки, которая в зависимости от варианта достигала от 12,7 до 63,4 %. Установлено, что сбор сырой биомассы на удобрённых вариантах достигал по отдельным повторностям до 150,0 т/га. При этом, урожай надземной массы в среднем составил 60,0 т/га, а клубней – 50,0 т/га. Такого хозяйственно-используемого урожая не формирует в условиях республики ни одна традиционная культура.

Наши прогнозы возделывания в сельском хозяйстве биоэнергетических растений, и в первую очередь топинамбура, дают основание согласится с участниками Международной конференции по биоэнергетическим растениям (Нижний Новгород, Россия, 2008 г.), которые назвали топинамбур одним из важнейших биоэнергетических растений 21 века.

Литературные данные и наши исследования дают основание считать топинамбур культурой обеспечивающей устойчивое производство сырья для альтернативной энергетики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кочнев Н.К., Калинин М.В. Топинамбур – биоэнергетическая культура XXI века. М., 2006.
2. Рейнгарт Э.С., Кочнев Н.К., Пономарев А.Г., Звягинцев П.С. Перспективы использования топинамбура для производства биоэтанола. Достижения науки и техники АПК, М., № 1 -2008. с. 38 – 40.
3. Зеленков В.Н., Кочнев Н.К., Шелкова Т.В. Топинамбур (земляная груша) – перспективная культура многоцелевого назначения. Новосибирск, НТФ «Арис», 1993. с.18 – 30.
4. Картофель и топинамбур – продукты будущего / Д.Д. Королев, Е.А.Симаков, В.И.Старовойтов и др.; Под ред. В.И.Старовойтова. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007 - с. 236 – 239.
5. Сумин Ю.А., Боролкин А.М. «Программа «Топинамбур» - стратегический ресурс России» // Биоэнергетические культуры XXI века: Тез. докл. конф. – Н.Новгород. 2008. – с.50 – 51.

СОЛНЕЧНЫЕ ФОТОПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ДЛЯ АВТОНОМНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Гременок В.Ф.¹, д.ф.-м.н., гл. науч. сотр., Соболев В.Р., д.ф.-м.н., доцент,
Малишевский В.Ф., к.ф.-м.н., доцент, Чобот Г.М., к.ф.-м.н., доцент

¹ГНПО «Научно-практический центр НАН Беларуси по материаловедению»,
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
Минск, Республика Беларусь

Истощение природных ресурсов и ухудшение экологической обстановки вызывают необходимость поиска новых путей энергообеспечения, в том числе с использованием нетрадиционных и возобновляемых источников энергии (НВИЭ). Развитие современной энергетики может быть проиллюстрировано так называемой 3Э-трилеммой (рисунок 1) [1]. Активизация экономики (Э: Экономика) и рост численности населения требуют увеличения производства энергии (Э: Энергетика). Однако это создает экологические проблемы (Э: Экология) за счет увеличения уровня загрязнения окружающей среды. И наоборот, если принимаются меры, направленные на снижение вредных выбросов, то это тормозит развитие экономики. Единственным способом разрешения этой трилеммы является развитие экологически чистых способов производства энергии.



Рисунок 1 - 3Э-трилемма развития энергетики

Бурное развитие дачного и загородного строительства в последние годы породило проблему обеспечения энергией таких домов. С одной стороны, существующие системы электроснабжения не везде оказались готовы к подключению новых потребителей. Во многих пригородных зонах сети электроснабжения оказались перегружены. Это привело к значительному ухудшению качества электроснабжения даже для существующих потребителей, не говоря уже о том, что зачастую для подключения новой нагрузки просто не хватает пропускной способности сетей и генерирующих мощностей. С другой стороны, подключение к сетям централизованного электроснабжения дорого. Например, в Российской Федерации стоимость подключения одного кВт установленной мощности составляет более 1000 \$USD [2]. В таких условиях необходимо предложить потребителям энергии альтернативный вариант энергоснабжения. Когда речь заходит об энергетике, базирующейся на возобновляемых источниках энергии (альтернативной энергетике), то в первую очередь упоминают именно солнечную энергетику. Это не удивительно: солнце поставляет каждый час на поверхность Земли энергию в количестве $4,3 \times 10^{20}$ Дж, в то время как суммарное потребление энергии на земном шаре в год составляет $4,1 \times 10^{20}$ Дж, что эквивалентно мощности 13×10^{12} Вт [3]. Использование этого вида энергии не требует больших площадей, не связано с загрязнением окружающей среды и нарушением теплового баланса планеты. Повышенный интерес к фотоэлектрическому методу преобразования энергии обусловлен реальной возможностью создания стабильных в эксплуатации, дешевых и высокоэффективных солнечных элементов. За последние 10 лет в этом направлении

достигнут большой прогресс. На сегодня цена солнечных преобразователей составляет порядка 2,5-3,0 \$/Вт, а их КПД достигает 12 % и выше в зависимости от используемых материалов и технологий [4]. Это позволило начать применение солнечной энергетики в реальном секторе экономики, а не только в космонавтике.

Многие загородные дома используются сезонно – с весны по осень. Поэтому для таких потребителей вполне возможно организовать электроснабжение за счет солнечных фотоэлектрических систем. При этом, чем меньше потребляется энергии, и чем дальше находится объект от сетей централизованного электроснабжения, тем более привлекательным становится использование солнечных энергосистем. В чем же преимущества и ограничения использования фотоэлектрических систем электроснабжения?

1. Полная энергонезависимость. В солнечные дни обеспечивается гарантированная выработка электроэнергии. Ее качество не зависит от перегруженности сетей, нет «провалов» напряжения из-за того, что сосед включил сварку или электроотопители. Уровень и форма напряжения определяется качеством преобразователя постоянного напряжения в переменное (инвертора).

2. Если мощность потребителей не превышает 1-2 кВт, стоимость маломощной фотоэлектрической системы будет, ниже, чем стоимость подключения к сетям централизованного электроснабжения. Вы также избавляйтесь от хлопот по оформлению необходимой документации и ее согласования в различных инстанциях. Опыт показывает, что даже от небольшой фотоэлектрической системы можно обеспечить надежное электроснабжение базовой нагрузки загородного дома. Скажем, для того, чтобы обеспечить освещение, необходима мощность солнечных батарей (СБ) от 30 до 200 Вт, если нужно смотреть телевизор, то мощность СБ должна быть увеличена до 60-300 Вт. Значительно повышает требования к системе холодильник – в этом случае необходима мощность СБ от 600-700 Вт, как правило, в системе должен присутствовать инвертор.

3. К недостаткам можно отнести сезонность использования фотоэлектрической системы электроснабжения. В летнее время в средних широтах приход солнечной энергии примерно в 15 раз больше, чем в зимнее время. Кроме того, число облачных и пасмурных дней зимой обычно выше, чем летом, в связи с чем зимой солнечная энергосистема будет вырабатывать электроэнергию примерно в 15-20 раз меньше.

4. Фотоэлектрические модули практически не требуют обслуживания, за исключением периодического очищения от пыли и снега. Однако в системе обязательно должны присутствовать аккумуляторные батареи (АБ), контроллеры и, возможно, силовая электроника. АБ требуют периодического обслуживания и замены.

Успехи последних лет в технологии фотопреобразования и положительный практический опыт использования фотоэлектрических систем стали основой быстрого развития фотоэнергетики в мире. По данным американского агентства «Стратегия без границ» мировой рынок фотоэлектричества в 2007 года перешел 11-ти миллиардный рубеж в долларовом измерении, в то время как капитальные вложения составили 3,0 млрд. \$USD. Отрасль привлекла более 4,0 млрд. \$USD в форме собственного капитала и кредитного финансирования. Различные сценарии развития отрасли варьируют оценки годового дохода в мировой отрасли от 18,6 до 31,5 млрд. \$USD к 2011 г. в зависимости от технологического развития и достаточности материалов, используемых в производстве фотоэлектрических элементов энергоснабжения. По разным оценкам, если стоимость полученной фотоэлектрическим методом электроэнергии снизится до 10 центов за 1.0 кВт·час, фотоэнергетика может стать серьезной альтернативой любым другим методам производства электроэнергии. В том числе из-за абсолютной экологической чистоты и безопасности и чрезвычайной простоты в обслуживании. Со стоимостью геотермальной энергии тесно связан другой параметр, характеризующий рентабельность энергетической установки – период ее работы, в течение которого она вырабатывает то количество электроэнергии, которое суммарно было затрачено на ее изготовление, так называемая энергетическая окупаемость. Ученые из University of Utrecht (Голландия), INSEAD Institute (Франция) и AIST Research Society

(Япония) показали, что время энергетической окупаемости СБ мощностью 3 кВт, в котором используется аморфный кремний, составляет в настоящее время всего 1,1 года при условии, что модули такого типа вводятся ежегодно с суммарной мощностью 100 МВт. При этом гарантийный срок их работы составляет 10 лет, а реальный – 20 лет и более. В итоге солнечная батарея за полное время своей службы вырабатывает энергии в 20 раз больше, чем было затрачено при их изготовлении [5,6]. В последнее время в мире проведены широкие исследования в области солнечной энергетики, которые показали, что уже в ближайшее время этот метод получения энергии может стать экономически оправданным и найти широкое применение.

Использование фотоэлектрических станций для электроснабжения удаленных малоомощных потребителей уже в настоящее время позволяет получать электроэнергию по сравнимым с альтернативными вариантами ценам. На большей части Белоруссии фотоэлектрические станции могут применяться сезонно или в составе гибридных электростанций. Для более широкого использования солнечной энергии для генерации электричества необходимо введение экономических механизмов стимулирования возобновляемой энергетики. Можно не сомневаться в том, что солнечной энергетике предстоит в ближайшее время сыграть важную роль в обеспечении потребностей человечества в электроэнергии. Одним из наиболее убедительных свидетельств в пользу этого вывода является значительное увеличение количества государственных, частных институтов и фирм, вовлеченных в исследование и производство источников энергии на основе солнечных преобразователей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hamakawa, Y. Solar PV energy conversion and the 21st century's civilization / Y. Hamakawa // Solar Energy Materials and Solar Cells. - 2002. - Vol. 74. - P. 13-22.
2. Александров, К.А. Альтернативная энергетика / К.А. Александров, В. Гудовски. - М: Новости теплоснабжения, 2007. - 48 с.
3. Гременок, В.Ф. Солнечные элементы на основе полупроводниковых материалов / В.Ф. Гременок, М.С. Тиванов, В.Б. Залесский. - Минск: Изд-во Центр БГУ, 2007. - 207 с.
4. Kreuzmann, A. Solar modules 2006 / A. Kreuzmann // PHOTON International. - February 2006.
5. Jager-Waldau, A. Status of thin-film solar cells in research, production and the market / A. Jager-Waldau // Solar Energy. - 2004. - Vol. 77. - P. 667-678.
6. A Comparative Study on Cost and Life-cycle Analysis for 100MW Very Large-scale PV (VLS-PV) Systems in Deserts Using m-Si, a-Si, CdTe, and CIS Modules / Ito Masakazu [et al] // Prog. Photovolt: Res. Appl. - 2008. - Vol. 16. - P. 17-30.

УДК 631.171:621.3(07)

ПРОБЛЕМЫ ИНТЕГРАЦИИ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ В СИСТЕМУ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ РБ

Гриневская Е.Ф., Омелчук А.А.

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

Известен тот факт, что абсолютно все виды энергетики в Беларуси пользуются государственной поддержкой. Ежегодно из госбюджета на строительство, обслуживание и безопасность ТЭЦ и гидроэлектростанций выделяют огромные средства. В случае, когда речь заходит о ветроэнергетике прямая государственная поддержка становится основным аргументом ее экономической неэффективности.

По примеру ряда стран, где опыт работы ветроэлектрических станций успешен, необходимо разработать ряд организационных и экономических мер по поддержке и развитию ветроэнергетики. При этом, прежде всего, для обеспечения недискриминационных условий подключения ветроэлектрических станций к сети энергосистемы следует учитывать

их специфику работы. Например, в Германии и Великобритании годовая выработка электроэнергии колеблется в пределах $\pm 10\%$ среднего значения. Поэтому, необходимо учесть в договорах на поставку электроэнергии от ВЭС, что поставщик не может гарантировать определенный объем поставляемой суточной энергии.

Кроме того, должно учитываться и то обстоятельство, что параметры выработанной электроэнергии могут существенно отличаться от требуемых значений. Исходя из этого, следует предусмотреть организацию контроля качества во избежание «загрязнения» энергосистемы.

С технической точки зрения, при подключении ветростанции к трансформатору, питающему потребителя, режим его работы облегчается, поскольку снижается мощность. По этой же причине снижаются потери энергии и напряжения в линии электропередач, соединяющей трансформатор с основной сетью. Однако при этом возможно возникновение проблем с обеспечением устойчивости. Поэтому потребуются пересмотреть условия работы электрической защиты и автоматики, а также проверить отключающую способность выключателей на подстанции.

На данном этапе в Беларуси отсутствует какая-либо законодательная база, как на уровне государства, так и на уровне местных властей по поддержке и стимулированию использования энергетического потенциала ветра. На базе опыта стран, практикующих широкое использование возобновляемых источников энергии, можно было бы порекомендовать ряд мероприятий, способствующих развитию ветроэнергетики в РБ:

- установление фиксированного тарифа на выработанную ВЭУ электроэнергию, обеспечивающий простой срок окупаемости сооружения ВЭУ;
- субсидии на каждый киловатт-час выработанной электроэнергии;
- инвестиционные субсидии (гранты, ссуды, налоговые льготы) для компенсации высоких капитальных вложений при строительстве объектов ветроэнергетики, как для общего, так и для индивидуального пользования;
- установление стандарта, обязывающего производителей электрической энергии вырабатывать определенный процент на базе возобновляемых источников энергии;
- введение в тариф на электроэнергию, вырабатываемую на базе органического топлива, дополнительной составляющей за вредные выбросы, ведущие к ухудшению экологической ситуации;
- введение для покупателей энергии специального повышающего тарифа, как средства участия населения в добровольном финансировании объектов возобновляемой энергетики;
- меры по стимулированию инвесторов, упрощающие их доступ к получению кредитов под сниженную процентную ставку;
- разработка и установление министерством энергетики государственных планов по вводу новых мощностей ВЭС к 2015 и к 2020 годам с принятием программы по финансовой поддержке этих планов;

-установление ускоренной амортизации на оборудование энергетики.

Предложенные выше мероприятия не исчерпывают всех возможных мер поддержки. При этом целесообразна их постепенная реализация. На первоначальном этапе достаточно двух-трех основных предложений экономического плана и столько же организационно-политических мероприятий.

Важным моментом эффективного развития ветроэнергетики в Республике Беларусь является необходимость разработки научных принципов использования энергии ветра с учетом местных природных особенностей. Поэтому, прежде чем внедрять ветроэнергетику, необходимо точно определить потенциал ветровых ресурсов.

Сведения о ветроэнергетических ресурсах Республики Беларусь изложены в отчетах по научно-исследовательским работам, а также в различных публикациях и сформированы в комплексе кадастровых сведений. В результате исследований, проведенных в 1996-1998 годах специалистами «Ветромаш», «Белэнергострояпроекта», Госкомгидромета РБ в Беларуси годовой ветроэнергетический потенциал составляет 224-280 млрд. кВт·ч [1-3]. На

территории Беларуси выявлено 1840 площадок с подходящими технико-энергетическими характеристиками, на которых возможно установить более 8000 ВЭУ мощностью от 100 до 500 кВт [2,3], что позволило бы сэкономить ежегодно до 1 млн. тонн условного топлива. Потенциал ветров в Беларуси, возможный для технического использования общепринятыми в Европе ВЭУ и ВЭС континентального базирования, в 6-7,6 раза превосходит планируемые потребности страны в электрической энергии на 2010г., который составит по предварительной оценке около 36,9 млрд. кВт·ч [2,3]. Использование только 1% территории под ветроэнергетику позволило бы выработать до 3 млрд. кВт·ч электроэнергии.

Для эффективной работы существующих ветроустановок необходимы определенные требования по их размещению. Так, ВЭУ с авиационным профилем лопастей и горизонтальной осью вращения имеют высокую стартовую скорость ветра, необходимую им для начала работы $V_c=3-5$ м/с, и высокую номинальную расчетную скорость ветра $V_n=12-16$ м/с в зависимости от фирмы-производителя. Однако в Беларуси имеющиеся ветра обладают скоростями 1-5 м/с, в связи с чем данные ветроустановки не могут эффективно использоваться. Каждая из скоростей имеет максимальную продолжительность по времени в году - 900-1500 часов, а для относительно эффективной работы ветроэнергетических установок требуется их размещение в местностях, где ветровой потенциал составляет 2500 часов в год. Заранее можно утверждать, что существующими ВЭУ полезно не используется до 60% из имеющегося потенциала ветра. В связи с этим они низкоэффективны по времени работы в году. Ветроустановки с вертикальной осью вращения характеризуются более низкой стартовой скоростью и не требуют ориентации по ветру, что делает их более предпочтительными в климатических условиях Беларуси.

Так как возможность приобретения зарубежной ветротехники весьма ограничена вследствие отсутствия достаточного выбора именно того оборудования для ВЭУ и ВЭС, которое соответствует ветроэнергетическому потенциалу Беларуси, то в связи с этим требуется разработка научно обоснованных технологий, которые бы учитывали местные природные условия. Эти технологии позволяют создать новые континентальные ветровые агрегаты (КВА), способные работать на низких и средних скоростях ветра с повышением коэффициента использования мощности и соответственным увеличением годовой выработки электрической энергии. При этом потенциал энергии ветра, возможный для технического использования новыми КВА, адаптированными к условиям белорусских ветров, может увеличиться соответственно до 1400 млрд. кВт·ч или до 172 млн. т.у.т. Это достигается за счет включения в работу КВА ветров со скоростью 1-5 м/с, которые у существующих ВЭУ относились к штилевой зоне.

Предлагаемые континентальные агрегаты могут быть востребованы автономными потребителями, удаленными на большие расстояния от сетей электроснабжения, и у которых небольшая запрашиваемая мощность. Также одним из направлений использования КВА может служить их применение для привода насосных установок и в качестве источников энергии для электродвигателей, так как эти области применения характеризуются минимальными требованиями к качеству электрической энергии, что позволяет резко упростить и удешевить ветроэнергетические установки.

1. Выбор площадок для установки ветроэнергетических агрегатов и оценка ветроэнергетического потенциала на территории Витебской области / Отчет «Белэнергопроект» № 12548-02-т1, Минск, 1995.

2. Лаврентьев Н.А., Жуков Д.Д. Белорусская ветроэнергетика – реалии и перспективы / Энергия и Менеджмент, июль-август 2002, с. 12-17.

3. Формирование информационного банка данных по ветроэнергетическому потенциалу в зонах предполагаемого внедрения ветроустановок / Отчет по НИР 06.4.1.. книга 1 научно-производственного Государственного предприятия «Ветромаш» - Минск, 1998. 166с.

К ВОПРОСУ О ВЕТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Дементей М.П., Вабишевич А.Г., канд. техн. наук, доцент

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

Ограниченность мировых запасов топлива и энергии, неравномерность их распределения по планете, ухудшение экологической ситуации все острее ставят вопрос о всемирном использовании нетрадиционных экологически чистых энерготехнологий и использования возобновляемых энергоресурсов.

Из таких энергоресурсов наиболее распространенным и доступным является ветер. Эксплуатация ветроустановок не требует топлива и воды, они могут быть полностью автоматизированы.

В последние годы 20 в. возрос интерес к возобновляемым источникам энергии и, в частности, к ветроэнергетическим установкам, что обусловлено обострением проблем защиты окружающей среды, а также необходимостью выполнять требования Киотского протокола по снижению выбросов CO_2 атмосферу. Европейская Комиссия – руководящий орган ЕС – выпустила документ, предусматривающий увеличение вдвое (с 6 до 12%) доли возобновляемых источников в энергопотреблении к 2010 г [1].

В настоящее время в мире установлены и находятся в эксплуатации ветроэнергетические установки (ВЭУ) суммарной мощностью более 25000 МВт. Ведущим производителями ВЭУ в мире в настоящее время являются фирмы Германии, Дании, Испании.

По мнению специалистов Германии, Дании, США, стоимость электроэнергии, вырабатываемой ВЭУ, в ближайшее годы может быть снижена до 2 центов США за 1 кВт.ч.

По мнению экспертов, в ближайшее время мощность действующих в мире ВЭУ должна достичь более 75000 МВт.

В Евросоюзе доля нетрадиционных возобновляемых энергоисточников к 2010 г. должна возрасти на 22%, в основном, за счет ветроэнергетики. Эту задачу ставит Германия, Испания, Англия и другие страны [2].

Специалисты подсчитали, что в течение первого десятилетия 21 века энергия ветра может обеспечить 10% потребности Западной Европы в электроэнергии. Используя большие неосвоенные запасы энергии ветра на морском побережье, европейские страны могут увеличить мощность ветроэнергетических установок до 40 тыс. МВт в 2010 г. и до 100 тыс. МВт в 2020г.

В наши дни ветроэнергетические установки могут быть востребованы владельцами фермерских хозяйств, удаленных от сетей электроснабжения.

Сегодня имеющийся в Беларуси ветроэнергетический потенциал практически не используется. Действительно, в Беларуси нет морских побережий с постоянно дующими ветрами с большой скоростью, как, в Дании. Однако у нас есть множество возвышенностей высотой 200 метров над уровнем моря. На них, как правило, расположены 20-30-метровые холмы. При установке на них мачт высотой 50-60 м можно гарантировать среднюю скорость ветра на уровне оси ветроколеса 6-7 м/с, вполне достаточную для промышленного производства электроэнергии. В Германии ВЭУ используются не только на морских побережьях. В последнее время там специально разработаны и серийно выпускаются новые ветроагрегаты так называемого континентального базирования. Очевидно, что они могут с успехом применяться и у нас, тем более, что свободных, ничем не занятых возвышенностей у нас предостаточно. На территории республики найдено очень много перспективных зон для строительства ВЭУ и ВЭС. Разумеется, о полной реализации не может быть и речи, но

использование его даже на 10% позволило бы снять все имеющиеся проблемы с производством электроэнергии за счет собственных энергоресурсов. Из 22-х административных районов Минской области сооружение ВЭУ целесообразно в 10, из которых наиболее благоприятные условия имеют пять: Минский, Логойский, Воложинский, Держинский и Молодеченский. Не менее благоприятные условия имеются в Витебской и Гродненской областях [2].

Компоновочные схемы ветродвигателей предусматривают горизонтальную и вертикальную ось вращения ротора. Имеются ветродвигатели с вертикальной осью вращения ротора с самоориентирующимся кожухом для экранирования неработающей части ротора от набегающего потока ветра. Также имеются ветродвигатели с вертикальной осью вращения ротора имеющие экранирующий кожух со стабилизатором соединенный с экранирующим кожухом направляющий кожух, выполненный с возможностью изменения направления воздушного потока на противоположное и подачи его на лопасти ротора.

Такие ветродвигатели просты в изготовлении и обслуживании, способны выдерживать сильные ветра. При этом на одной мачте можно устанавливать несколько роторов с целью увеличения мощности ветродвигателя, в то же время конструкции таких ветряков достаточно легкие и прочные. Однако в установках полезная работа совершается на половине оборота ротора.

Ниже предлагается одна из компоновочных схем ветродвигателя предусматривающая вертикальную ось вращения ротора.

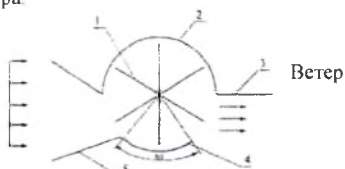


Рисунок 1 - Схема ветродвигателя

На рисунке 1 показано сверху устройство ветродвигателя, который содержит ротор 1 с лопастями, экранирующий кожух 2 со стабилизатором 3 и дополнительный кожух 4, угол обхвата которого составляет 60° при шести лопастях ротора или 360° (количество лопастей) при другом количестве лопастей. Направляющий кожух 5 выполнен в виде воздуховода переменного сужающегося поперечного сечения с раструбом, направленным встречно потоку ветра. Экранирующий кожух 2 и дополнительный кожух 4 закрывают сверху, снизу и частично сбоку лопасти ротора.

Ветродвигатель, имеет ротор с вертикальной осью вращения, экранирующий самоориентирующийся кожух со стабилизатором и направляющий кожух, соединенный с экранирующим кожухом. Ветродвигатель содержит дополнительный экранирующий кожух, закрывающий полностью сверху, снизу и частично сбоку лопасти ротора. Угол обхвата дополнительного экранирующего кожуха равен углу, полученному при делении 360° на количество лопастей ротора, а направляющий кожух, выполнен в виде воздуховода с переменным поперечным сечением и своим раструбом направляемый встречно потоку ветра, в месте своего сужения соединен по периметру с экранирующими кожухами.

Под воздействием ветра направляющий кожух 5 ориентируется раструбом встречно потоку ветра с помощью стабилизатора 3, обеспечивая тем самым поступление потока воздуха на лопасти ротора. При этом ротор ветродвигателя вращается, отдавая полезную мощность генератору 6.

Ветродвигатель эффективно работает как при больших, так и малых скоростях ветра. Данная конструкция проста в исполнении, обслуживании и может найти применение в индивидуальных, фермерских и других хозяйствах для выработки электрической энергии, а также для привода других агрегатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гребенщиков В.Р. Ветроэнергетика: новые перспективы / В.Р. Гребенщиков // Энергоэффективность. – 2002. – №8. – С. 19-21.
2. Перминов Э.М. Состояние и перспективы развития мировой ветроэнергетики / Э.М. Перминов // Энергоэффективность. – 2002. – №10. – С. 17-19.
3. Пекелис В.Г. Еще раз к вопросу о ветроэнергетике / В.Г. Пекелис // Энергия и Менеджмент. – 2006. – №3. – С. 6-8.
4. Ветродвижитель: патент 10116 Респ. Беларусь, МКП F03D3/00 / М.А. Прищепов и др.; заявитель и патентообладатель Учреждение образования "Белорусский государственный аграрный технический университет" - № а 20050464; заявл. 13.05.2005.; опубл. 28. 02. 2007 г

УДК 63:(620.95:504.064.34)

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ВЫХОДА БИОГАЗА ПРИ АНАЭРОБНОМ СБРАЖИВАНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОТХОДОВ

Н.Ф. Капустин, к.т.н., Сунцова Ю.А.

*РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
г. Минск, Республика Беларусь*

В настоящее время Республика Беларусь осуществляет на государственном уровне активную энергосберегающую политику, которая рассматривается руководством страны как действенная мера по обеспечению энергетической безопасности и снижению бремени затрат на импорт энергоресурсов. Складывающаяся ситуация с энергопотреблением ставит задачу по существенному увеличению использования возобновляемых, местных видов топлива. В такой крупной отрасли, как сельское хозяйство, значение вторичных энергоресурсов для покрытия недостатка жидкого топлива усиливается за счет получения биотоплива из навоза животных и отходов сельскохозяйственного производства, уменьшая негативное воздействие животноводческих хозяйств на окружающую среду и получая при этом электрическую, тепловую энергию, а также органоминеральные удобрения.

Получение биогаза – сложный анаэробный процесс, который основан на метановом сбраживании органических отходов сельскохозяйственного производства и в первую очередь навоза и помста. От вида перерабатываемого субстрата и технологии производства биогаза зависят его состав и количество, которые являются главными показателями эффективности работы биогазовых установок. В настоящее время применяемые технологии и технические средства для производства биотоплива все еще не достаточно эффективны. Значительные трудности связаны с составом сбраживаемых субстратов, режимами работы и обоснованием параметров технологического оборудования. Как показывает анализ литературных источников, получение биогаза рассматривалось без взаимосвязи с параметрами установок. В связи с этим нами было обращено серьезное внимание на выявление закономерностей процесса сбраживания органических отходов в зависимости от технологических и конструктивных параметров оборудования.

В настоящее время известны некоторые интервалы технологических параметров:

- показатель кислотности субстрата, подаваемого на обработку, должен быть в пределах $6,2 < \text{pH} < 7,8$;
- влажность в метантенке должна быть такой, чтобы обеспечивался хороший массообмен ($85\% < W < 93\%$);
- содержание летучих жирных кислот 50-2000 мг/л;
- полное отсутствие кислорода воздуха в метантенке;
- температура 35-40°C для мезофильных групп микроорганизмов и 55-57°C для

термофильных групп микроорганизмов;

- продолжительность обработки навоза в метантенке должна быть больше времени удвоения метаногенных микроорганизмов (200-300 часов) [1].

Однако эти параметры не всегда обоснованы. Для того, чтобы максимально задействовать мощность энергоблока биогазовой установки и получить максимальный выход биогаза, их нужно оптимизировать. А это можно сделать путем правильного подбора состава сбраживаемых органических отходов, имеющихся в наличии в хозяйстве. Благодаря этому можно оптимизировать продолжительность сбраживания биомассы, уменьшая при этом дозу загрузки и объем метантенка и, следовательно, сокращая материальные затраты на строительство биогазовой установки.

Одним из главных параметров, влияющих на выход биогаза, является соотношение углерода к азоту (C/N) в сбраживаемом субстрате. Чем богаче газ метаном, тем выше его теплотворная способность. Однако, если соотношение C/N в субстрате очень велико, то недостаток азота будет служить фактором, ограничивающим процесс метанового сбраживания. В результате нарушения процесса наступит дисбаланс роста кислотообразующих бактерий и метаногенов – увеличится содержание летучих жирных кислот, о чем можно судить по снижению pH и увеличению содержания CO_2 в биогазе. Если в сырье много азота, то образуется такое количество аммиака, что он становится токсичным для бактерий. Токсичность часто рассматривается как причина многих нарушений процесса метанового брожения. Об этом можно судить по повышению pH. Поэтому для стабильности процесса наиболее важно поддерживать оптимальные значения соотношения C/N, благодаря чему будет активно осуществляться стадия гидролиза по разложению сложной органики на более простые органические соединения. Наиболее простой способ – предусмотреть в комплекте оборудования биогазовых установок гидролизер. Раздельное проведение аэробного и анаэробного сбраживания (кислой и щелочной фазы) обеспечит оптимальные условия (pH) для кислото-и метанобразующих микроорганизмов, а также использование гидролизера позволит снизить содержание углекислого газа в биогазе, обогащая его метаном и повышая при этом его теплотворную способность.

Производство биогаза во многом зависит от поддержания влажности сбраживаемого субстрата на постоянно заданном уровне. Для этого надо соблюдать условия баланса масс, входных и выходных потоков, которые определяются количеством исходного сырья и его влажностью. Минимальная влажность сбраживаемой массы в метантенке должна лежать в пределах 89% - 93%, где нижнее значение обусловлено ограничениями по функционированию технических средств для загрузки исходного и выгрузки сброженного субстрата, а также перемешивающих устройств, а верхнее – по технологическим условиям эффективного протекания процесса [1].

Для стабильности процесса важна и относительно постоянная температура. Ее изменение влияет на скорость метанового брожения. Поэтому необходимо обоснованно подойти к созданию конструкции метантенка. Предлагается расположить метантенок и дображиватель в одной емкости, конструктивно объединенных одним газгольдером. Это позволит уменьшить теплопотери через ограждающие конструкции.

Из выше изложенного можно сделать вывод, что устойчивый процесс анаэробного сбраживания органических отходов, обеспечивающий максимальный выход биогаза может быть достигнут постоянством температуры в выбранном режиме, дозой загрузки субстрата в метантенок, составом и кислотностью субстрата. А это во многом зависит от конструктивных параметров биогазовой установки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ковалев А.А. Технологии и технико-энергетическое обоснование производства биогаза в системах утилизации навоза животноводческих ферм: автореферат на соискание степени доктора технических наук/А.А. Ковалев – Москва, 1998. - 36-39с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭНЕРГИИ

д.т.н. Карпунин И.Н., д.т.н. Кузьмич В.В., ст.преподаватель Балабанова Т.Ф.

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

Республика Беларусь располагает значительными сырьевыми ресурсами, остающимися после лесоразработки. При этом добыча топливных ресурсов в суммарном количестве составляет 15 млн. условного топлива [1]. Отходы лесоразработок должны выполнять значительную роль в обеспечении республики топливом. Важной альтернативой к сокращению расхода энергии является использование местных природных ресурсов. Это резерв, который следует использовать в республике. Возрастание доли использования местных видов топлива в энергетическом балансе страны позволяет снизить зависимость от стран, производящих углеводородное сырьё.

При разработке леса образуется значительное количество древесных отходов, которые не находят должного применения для производства дополнительного источника энергии. Это снижает полноту использования лесных ресурсов, которые можно использовать для производства энергии. В настоящее время это имеет важное значение, так как лес в отличие от нефти и природного газа – возобновляемое растительное сырьё. Однако требуются многие десятилетия, прежде чем древесина достигнет спелого возраста. При этом к возобновляемым источникам сырья также относятся однолетние лубяные культуры [2,3]. Они позволяют сберечь лес нашей планеты, так как возобновляются ежегодно.

Изыскание путей обширного и целесообразного использования лесосечных отходов и костры льна для дополнительного получения энергии в настоящее время приобретает всё большее значение в связи с удорожанием газа и нефти и возникшем мировом кризисом.

Весьма перспективной является переработка лесосечных отходов путём их термического разложения.

В литературе[4] имеются данные о сухой перегонке берёзовых и хвойных лесосечных отходов, которые показывают, что, с точки зрения выходов основных получаемых лесохимических продуктов, они являются полноценным сырьём для термического разложения.

Наиболее перспективным способом использования неликвидной древесины, в том числе и лесосечных отходов, является их переработка для получения электроэнергии и пара, а также химических продуктов термоллиза.

О количестве химикатов, получаемых при термоллизе отходов древесины в ретортах и газогенераторах, имеются некоторые данные в литературе[3].

Сравнительные данные о выходах продуктов, получающихся при термоллизе стволовой древесины, веток, лесосечных отходов противоречивы.

Полученные нами результаты показывают, что выход газа из лесосековых отходов в сравнении с выходом из стволовой древесины: 96 и 76 литра/кг соответственно. Понижение выходов летучих кислот и растворимой смолы из лесных отходов можно объяснить тем, что в них удельное количество коры больше, чем в стволовой древесине. Выход летучих кислот и растворимой смолы из древесины хвойных пород лесосечных отходов больше, чем из лиственных, а из костры льна 8,5 и 3,8 % соответственно. Это указывает на то, что костра льна может быть также пригодна для производства ценных органических веществ, а также газа для отопления.

Получение газа из сухой щепы осуществляется в газогенераторе. При этом количество жидких продуктов, образующихся в газогенераторе при термическом разложении сухой щепы (или опилок), получено следующее и представлено в табл. 1.

Результаты термического разложения древесной щепы и опилок.

Порода щепы и опилок	Выход от массы абсолютно сухой щепы и опилок, %			
	всего смол (отстойной и нелетучей растворимой)		всего уксусной кислоты	
	1 ^х	2 ^х	1 ^х	2 ^х
Хвойная древесина (ель, сосна)	12,5	14,2	4,5	6,0
Лиственная (берёза, осина)	13,8	15,7	5,5	7,1

1^х - из щепы; 2^х - из опилок.

Из данных таблицы следует, что из опилок при термическом разложении больше получается смолы и уксусной кислоты, чем из щепы. На выход смолы и уксусной кислоты при термолитизе щепы и опилок также влияет порода древесины.

Полученные нами результаты по термолитизу древесины и её отходов также показывают, что выход газа из отходов леса больше, чем из стволовой древесины (95 и 82 литра/кг на абсолютно сухое сырьё соответственно), а из костры льна 73 литра/кг соответственно. Выход летучих кислот и растворимой смолы из древесины хвойных и лиственных пород больше, чем из лесосечных отходов. Понижение выходов летучей кислоты и растворимой смолы из отходов леса можно объяснить тем, что в них удельное количество коры в древесине больше, чем в стволовой.

Экономический расчёт показывает, что более целесообразно перерабатывать отходы леса лесозаготовительных предприятий и костру льна для получения газа, уксусной кислоты и смол, имеющих практическое значение. При этом выход смолы составляет 250-280 кг из одного плотного м³ газифицируемой древесины, а получаемый газ можно использовать для отопления помещений жилых домов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богатов Б.А., Мелешко В.К., Зарембо В.И. Управление запасами торфяных брикетов. //Торфяная промышленность. - 1984. -с.24-27.
2. Карпунин И.И., Казакевич П.П. Перспективные технологии производства костровых и древеснокостровых плит. Мн.:Ин-т энергетки.-2005.-71с.
3. Карпунин И.И., Казакевич П.П. Перспективные технологии производства костровых и древеснокостровых плит. Мн.-2005.-72с.
4. Цацка Э.М. Берёзовые лесосечные отходы как сырьё для термического разложения. Труды ЛТА. Проблемы использования лесосечных отходов. Л.- 1955. -с.97-102.

УДК 621.694.3

ПРИМЕНЕНИЕ ВОДОСТРУЙНЫХ ЭЖЕКТОРОВ В ГИДРОЭНЕРГЕТИКЕ

Кравцов А.М., канд. техн. наук, Шахрай Д.С., Родевич А.Т.

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

В настоящее время для откачки дренажных вод из нижнего блока здания ГЭС, а также осушения турбинного тракта в период осмотра и ремонта агрегатов используют установки с лопастными насосами. Однако, в условиях эксплуатации ГЭС, применяемые насосные системы обладают существенными недостатками. Так, например, опыт эксплуатации большого количества действующих ГЭС выявил следующие недостатки [1]:

- необходимость размещения насосов в помещениях, расположенных значительно ниже уровня нижнего бьефа, создает реальную опасность из затопления.

- в помещениях насосных установок отсутствует специальная принудительная вентиляция. Естественная вентиляция через различные монтажные проемы, лестничные клетки и т.д. недостаточна для нормальной эксплуатации оборудования, особенно электрического;

- горизонтальные насосы оборудованы электродвигателями, не имеющими влагостойкой изоляции, что требует значительных затрат электроэнергии для подогрева и сушки их перед пуском;

- применение погружных насосов ограничивается необходимостью значительного их заглубления под уровень откачиваемой воды.

Перспективным направлением улучшения работы откачивающих систем является использование насосных установок с водоструйными эжекторами, которые избавлены от вышеперечисленных недостатков, а также обладают рядом преимуществ: отсутствие подвижных частей, простота конструкции, малые габариты, возможность перекачки жидкостей с большим содержанием твердых примесей и т.д. Основным недостатком эжекторов вплоть до недавнего времени считали низкий КПД. Однако в научно-технической литературе [2, 3] имеются сведения о том, что КПД струйных устройств может быть повышен до 40 % и более путем конструктивных новшеств при их разработке. Такие усовершенствования достигаются за счет правильно выбранных диаметров сопел и горловин, правильно назначенных длин смешивающих горловин и т.д. Вторым существенным недостатком эжекторов является неустойчивая их работа при значительных противонапорах. Это связано с несовершенством конструкции эжекторов вследствие недостаточной исследованности процессов, происходящих в эжекторах, и, в частности, процесса разрушения струи в камере смешения и факторов, влияющих на него.

Для работы водоструйного эжектора (рис.1) необходимо создать высокоскоростной поток воды (рабочий поток), кинетическая энергия которого используется для подсоса и перемещения пассивного среды. Пассивной средой может быть не только вода, но также газ или гидросмесь.

При работе эжектора (рис.1) струя рабочего потока, приобретая в сужающем устройстве 2 большую скорость, входит в горловину 5, где при взаимодействии поверхности струи рабочего потока с пассивной средой происходит их взаимное смешение и перемещение. При этом в приемной камере 3 на входе в горловину возникает вакуумметрическое давление. Под действием разности атмосферного и вакуумметрического давлений новые порции пассивной среды через всасывающий патрубок 4 поступают в эжектор, где также увлекаются высокоскоростным потоком и так далее.

В зависимости от назначения эжектора и эксплуатационных условий рабочий напор может создаваться двумя способами:

- разностью отметок уровней воды в верхнем и нижнем бьефах (рис.2-а). Такая система называется самотечная. В этом случае отпадает необходимость использования насоса;

- лопастным насосом (рис.2-б). Такая система называется насосной. В этом случае лопастной насос может устанавливаться в незатопляемом удобном для обслуживания и эксплуатации помещении на отметке значительно превышающей уровень откачиваемой воды.

К основным конструктивным параметрам струйных аппаратов, прежде всего, относятся форма и вид сопла. Ранее в конструкциях водоструйных эжекторов сопло выполнялось в виде конoidalного насадка. Как известно такие насадки обеспечивают высокие значения коэффициента расхода (до 0,994). Однако в последующем из-за сложности изготовления конoidalные насадки были заменены коническими сходящимися насадками с небольшим цилиндрическим участком на выходе. Угол конусности таких насадок составляет около 13°, длина цилиндрического участка на выходе не более $(0,7 \dots 0,8)d_c$, а коэффициент расхода 0,93-0,97. Сопло такой формы также достаточно сложно в изготовлении и требует точного расчета всех размеров, в то время как методики расчетов струйных аппаратов до сих пор

весьма несовершенны. Следует отметить также, что эффективность работы водоструйного эжектора существенно зависит от ряда технологических и конструктивных параметров элементов гидравлической схемы (напора и расхода рабочего потока, длин водоподводящих труб и местных сопротивлений трубопровода, геометрической высоты подъема воды и т.д.). В свою очередь указанные параметры могут изменяться как при наладке, так и при эксплуатации оборудования. Поэтому целесообразно проведение исследований, направленных на повышение технологичности гидроструйных устройств в первую очередь за счет применения сопел более простых форм. Имеются результаты исследований [4], которые показывают, что самым рациональным видом сопла является диафрагма с одним отверстием и прямоугольными кромками. Это доказывает, что при работе струйных аппаратов происходят сложные многофакторные явления, и коэффициент расхода сопла является определяющим, но не единственным параметром, влияющим на эффективность работы водоструйного эжектора. Кроме того, для повышения надежности работы и расширения пределов использования водоструйных эжекторов необходимо провести исследования для изучения факторов, влияющих на процесс разрушения струи и разработку новых конструкций эжекторов для работы в условиях большого противодавления.

Выводы. Опыт эксплуатации свидетельствует о перспективности использования водоструйных эжекторов в насосных системах ГЭС. С учетом имеющихся результатов исследований струйных аппаратов представляется целесообразным продолжить исследования с целью увеличения КПД, расширения пределов использования и создания усовершенствованных конструкций водоструйных эжекторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Неминский М.Л. Применение эжекторов в гидротехнических сооружениях. — М.: Энергоатомиздат, 1985. — 96 с.
2. Лямаев Б.Ф. Гидроструйные насосы и установки. — Л.: Машиностроение, 1988. — 278 с.
3. Соколов Е.Я., Зингер Н.М. Струйные аппараты. — М.: Энергоатомиздат, 1989. — 351 с.
4. Кравцов, А.М. Гидромеханические процессы в технологиях очистки нефтесодержащих сточных вод: дис. ... канд. тех. наук: 05.23.04 / А.М. Кравцов. — Минск, 2007. — 164 л.

ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ПОТЕНЦИАЛА ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Кундас С. П. д. т. н., профессор, Тонконогов Б. А. к. т. н., доцент, Смирнов П. А.,
Нехайчик В. А.

*Учреждение образования «Международный государственный экологический
университет имени А. Д. Сахарова»
г. Минск, Республика Беларусь*

При решении стоящих перед Республикой Беларусь задач по выполнению Директивы № 3 достаточно актуальной и перспективной является проблема автоматизации расчетов при оценке рационального использования дорогостоящих природных ресурсов и освоении возобновляемых (альтернативных) источников энергии (ВИЭ). Для практической реализации этого направления разработана информационно-аналитическая система (ИАС) оценки эффективности использования потенциала ВИЭ применительно к Дзержинскому району Минской области. ИАС технически реализована в виде полнофункционального ресурса сети Internet, состоящего из:

- информационной серверной базы данных (БД) потенциала, типового оборудования и технологического оснащения ВИЭ;

- Web-сайта, включающего интерфейсную пользовательскую часть и механизм для доступа и работы с БД.

ИАС предоставляет пользователям следующие возможности:

- расчет энергетического потенциала всех видов ВИЭ с привязкой к конкретной местности с использованием технологий географических информационных систем;
- получение информации о промышленно выпускаемом технологическом оборудовании в области ВИЭ;
- качественная и количественная аналитическая оценка энергетической и экономической эффективности использования ВИЭ на уровне хозяйств, предприятий, населенных пунктов или районов.

Реализация указанной системы осуществляется в интегрированной среде разработки Microsoft Visual Studio, поддерживающей технологию .NET корпорации Microsoft. В качестве средств и технологий реализации системы выбраны:

- ADO.NET – пространства имен, которые обеспечивают взаимодействие с локальными, удаленными и распределенными базами данных;
- ASP.NET – технология (платформа) создания Web-приложений и Web-сервисов, основанных на активных серверных страницах;
- Adobe Flash, JavaScript и другие технологии и языки для создания анимации и дополнительной функциональности.

Сам Web-сайт содержит как пользовательскую, так и администраторскую часть. Пользовательская часть представлена графическим интерфейсом, наглядно отображающим информацию о ВИЭ конкретной области, а администраторская – содержит все необходимые инструменты для динамического изменения содержимого БД, что позволяет вполне быстро и эффективно управлять соответствующей информацией.

Данные, необходимые для реализации аналитических расчетов и различных запросов, находятся в серверной БД, спроектированной в Microsoft SQL Server Management Studio и содержащей:

- таблицы с информацией о технологическом оборудовании, объектах и расстояниях между ними, запасах ВИЭ региона (солнечная радиация, ветровые нагрузки, водные ресурсы, биомасса и тому подобное);
- хранимые процедуры, представляющие собой набор SQL-инструкций, обеспечивающие доступ к данным с возможностью его ограничения для пользователей и позволяющие получать готовые результаты;
- пользовательские функции, реализующие аналитические расчеты и аутентификацию пользователей в системе;
- триггеры, обеспечивающие целостность данных в БД.

Структурная схема работы ИАС представлена на рис. 1.

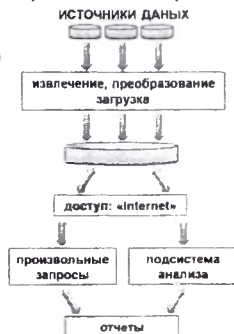


Рис. 1. Структурная схема работы ИАС

Таким образом, применение ИАС позволяет автоматизировать процесс поиска и размещения необходимой информации, в том числе и об экспортных возможностях определенного региона, проводить анализ потенциала имеющихся ВИЭ, а также получать возможные варианты и рекомендации по эффективному их использованию в зависимости от ресурсообеспеченности региона. Данный подход может значительно сократить затраты времени, трудовых и материальных ресурсов при принятии соответствующих управленческих решений.

УДК 620.92

ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ И НЕТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Ловкис В.Б. к.т.н., доцент, Гаель И.А. ассистент

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

Республика Беларусь относится к тем странам, которые не обладают значительными запасами собственных природных топливно-энергетических ресурсов. Топливная промышленность Республики Беларусь базируется в основном на привозных энергоресурсах (нефть, газ, уголь) и местных видах топлива (торф, дрова). Кроме того, имеются запасы горючих сланцев и бурых углей. По ряду причин сокращение добычи нефти в России приведет к значительному сокращению объемов поставок нефтяного сырья и как следствие к значительному росту цен на данный вид энергоресурсов. С целью уменьшения зависимости от импорта топливных ресурсов в республике проводится работа по увеличению объема использования местных и альтернативных видов топлива.

В настоящее время возобновляемые энергоресурсы используются незначительно. Их применение крайне заманчиво, многообещающе, но требует больших расходов на развитие соответствующих техники и технологий. При ориентации части энергетики на возобновляемые источники важно избежать необоснованной эйфории, правильно оценить их долю, технически и экономически оправданную для применения. Кроме того установки, работающие на возобновляемых источниках, оказывают гораздо меньшее воздействие на окружающую среду, чем традиционные потоки энергии, естественно циркулирующие в окружающем пространстве. Экологическое воздействие энергоустановок на возобновляемых источниках в основном заключается в нарушении естественного ландшафта.

В рамках республиканской программы "Энергосбережение" выполняется комплекс научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, который позволяет использовать указанные источники в нарастающих масштабах. При этом ставится задача создания высокоэкономичных установок со сроком окупаемости, как правило, не превышающим 3 года.

Для обеспечения быстрой окупаемости затрат на нетрадиционную энергетику во всех случаях предпочтение отдается наиболее простым техническим решениям, оборудованию, выпускаемому на предприятиях республики с максимальным использованием местных материалов [1].

Задачей экономики РБ является оценка использования потенциала возобновляемых ресурсов, определения их места в топливно-энергетическом комплексе. Ее решение позволит снизить зависимость экономики республики от импорта ЭР, будет способствовать ее стабильности и развитию. При планировании энергетики на возобновляемых источниках важно учесть их особенности по сравнению с

традиционными невозобновляемыми. К ним относятся следующие:

1. Периодичность действия в зависимости от не управляемых человеком природных закономерностей и, как следствие, колебания мощности возобновляемых источников - от крайне нерегулярных, как у ветра, до строго регулярных, как у приливов.

2. Низкие, на несколько порядков ниже, чем у невозобновляемых источников (паровые котлы, ядерные реакторы), плотности потоков энергии и рассеянность их в пространстве. Поэтому энергоустановки на возобновляемых источниках эффективны при небольшой единичной мощности, и прежде всего для сельских районов.

3. Применение возобновляемых ресурсов эффективно лишь при комплексном подходе к ним. Например, отходы животноводства и растениеводства на агропромышленных предприятиях одновременно могут служить сырьем для производства метана, жидкого и твердого топлива, а также удобрений.

4. Экономическую целесообразность использования того или иного источника возобновляемой энергии следует определять в зависимости от природных условий, географических особенностей конкретного региона, с одной стороны, и в зависимости от потребностей в энергии для промышленного, сельскохозяйственного производства, бытовых нужд, с другой. Рекомендуется планировать энергетику на возобновляемых источниках для районов размером примерно 250 км².

При выборе источников энергии следует иметь в виду их качество, оценивающееся долей энергии, которая может быть превращена в механическую работу. С помощью электродвигателя более 95% электрической энергии можно превратить в механическую работу. Доля тепловой энергии, получаемой в результате сжигания топлива на ТЭС и превращаемой в механическую энергию, составляет около 30%.

Возобновляемые источники энергии по их качеству условно делятся на три группы: источники механической энергии довольно высокого качества: около 30% - ветроустановки, 60% - гидроустановки. 75% - волновые и приливные станции; источники тепловой энергии с качеством не более 35% - прямое или рассеянное солнечное излучение, биотопливо; источники энергии, использующие фотосинтез и фотоэлектрические явления, имеют различное качество на разных частотах излучения; в среднем КПД фотопреобразователей составляет примерно 15%.

Основными нетрадиционными и возобновляемыми источниками энергии для Беларуси, которые имеют место и могут быть использованы, являются биомасса, гидро-, ветроэнергетические ресурсы, солнечная энергия, твердые бытовые отходы, геотермальные ресурсы. Общие возможности экономики ТЭР за счет применения нетрадиционных и возобновляемых источников для условий РБ ограничены. Их потенциал оценивается в 6,1-10,4 млн. т.н.э. (8,7-14,9 млн. тут.) в год, т.е. около 0,5-1% общих потребностей Беларуси в ТЭР [2]. Следует отметить, что основными потребителями возобновляемых энергоресурсов могут стать объекты сельского хозяйства. Применение данных источников энергии поможет решать в основном локальные задачи энергообеспечения и послужит необходимым дополнением к традиционной энергетике на органическом топливе и ядерной энергетике. Следует подчеркнуть возможность и важность поиска новых идей, оригинальных решений в области нетрадиционной возобновляемой энергетики. Приведем возможности применения местных и альтернативных энергетических источников наиболее приемлемых для применения в АПК, а именно: различные виды биомассы, отходов сельскохозяйственного производства и горючих бытовых отходов.

Обратим внимание на такой источник энергии как биомасса. На нашей планете занято древесной растительностью около 4 млрд. га, из которых около 2,8 млрд. га доступно для практического применения. Степень полезного использования различных видов растительной биомассы и стоимость получаемой из нее энергии в значительной мере определяются технологией ее переработки. Различные способы термохимической переработки биомассы позволяют получать твердые, жидкие и газообразные продукты.

более пригодные для использования в энергетике. Одним из путей вовлечения в энергобаланс энергии биомассы, кроме прямого сжигания, является термохимическая переработка отходов растениеводства, позволяющая преобразовать их в горючий генераторный или пиролизный газ [2].

Путем газификации можно превратить низкосортное топливо (отходы), содержащее большое количество балласта (влага, зола) и обладающее низкой теплотой сгорания, в высококачественное газообразное топливо (газ с теплотой сгорания от 4 до 20 ГДж/м³). Сравнивая теплоту сгорания растительных отходов и древесины легко убедиться, что она мало уступает ископаемому топливу, в то же время эти виды топлива практически не содержат серы и имеют малую зольность, что делает их использование экологически безопасными. К основным проблемам использования растительных отходов в качестве топлива относятся отсутствие развитой инфраструктуры сбора, хранения и подготовки их к сжиганию, а именно процессы гранулирования и брикетирования.

В качестве наиболее интересных проектов практического применения технологии газификации биомассы, необходимо отметить разработку установок для совместной газификации биомассы с горючими отходами (полиэтиленовой пленки и резинотехнических изделий). Однако, данное направление пока не получило широкого применения по причинам недостаточной научной наработки и отсутствия эффективных и экологически безопасных технологий.

Для начала промышленного освоения в Беларуси энергии из биомассы и других отходов их термохимической газификации требуется проведение работ по совершенствованию газогенераторного оборудования, в том числе и в соответствии выбранным видом топлива.

В течение последних десяти лет для сжигания твердых топлив и горючих отходов, кроме традиционных технологий и оборудования, используют простейшие газогенераторные установки типа Пинча, позволяющие проводить двухстадийное сжигание в тонком неподвижном слое с высоким КПД и хорошими экологическими показателями.

При этом, температура при горении генераторного газа в жаровом канале может достигать 1200 – 1300 °С, что на 100 – 300 °С выше температуры горения на колосниковой решетке. В этом заключается существенное отличие газогенераторного процесса от прямого горения топлива. КПД газификации при этом достигает 90%. Как известно, хлорсодержащие соединения – диоксиды окисляются при температуре свыше 1150 °С [3].

В настоящее время в УО БГАТУ разрабатывается технология по совместному сжиганию растительных отходов биомассы и горючих отходов (полиэтилена бытового и измельченных шин), целью которых является увеличение эффективности процесса горения.

Задачей предложенной технологии является по возможности увеличение температуры получаемого генераторного газа до температуры идеального и выше.

С целью определения путей повышения энергоэффективности газогенераторных установок за счет совместного сжигания основного топлива и горючих отходов была рассмотрена методика расчета теплоты сгорания получаемого генераторного газа. Очевидно, что для повышения температуры выходящего газа, и увеличения эффективности всего процесса, целесообразно при выборе качественного и количественного состава топлива принимать за основу топливо с более высокой теплотворной способностью. При этом следует учитывать и влияние сжигаемых продуктов на окружающую среду [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Левченко, С.А. Возможности применения нетрадиционных источников энергии/С.А. Левченко. - Минск: АНК Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лынькова НАНБ. 1998. -29с;

2. Дашков, В.Н. Возновляемые источники энергии в ресурсосберегающих технологиях АПК: монография / В.Н. Дашков. - Барановичи, 2003. - 184с;
3. Равич, М.Б. Топливо и эффективность его использования / М.Б. Равич. - Москва: Изд. «Наука», 1971 - 358с;
4. Соловьев, В.Н. Отработка элементов технологии газификации местных видов топлива и органических отходов в обращенном режиме / В.Н. Соловьев, Г.И. Биза, Г.И. Фокша. - Минск: ОИЭЯИ Сосны НАНБ, 2003. - 37с;

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА В КАЧЕСТВЕ БИОТОПЛИВА

Оганезов И.А., к.т.н., доцент, Ширшова В.В., к.т.н., доцент

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

Высокая стоимость органического топлива и нефтепродуктов требует более рационального использования местных ресурсов путем совершенствования комплексной переработки сырья. Это приводит к необходимости применения отходов (остатков) растениеводства как для получения новой продукции, так и в качестве твердого биотоплива.

Основным твердым отходом растениеводства является солома зерновых и масличных культур, количество которой превышает выход целевого продукта (зерна или маслосемян) в 1,5–2,4 раза. Поскольку кормовая ценность соломы относительно мала, то около половины ее используется в качестве подстила и возвращается на поля в виде органического удобрения.

В последнее время в хозяйствах Республики Беларусь все чаще солому используют в качестве топлива. Кроме того, солома может служить сырьем для получения целлюлозы.

Энергетическая ценность соломы по принятым оценочным показателям весьма высокая. Теплотворная способность 1 т сухого вещества соломы эквивалентна 445 кг сырой нефти. По показателю теплотворности пшеничная солома (15,5 МДж/кг) приближается к дровам (14,6–15,4 МДж/кг) и превосходит бурый уголь (12,5 МДж/кг). При использовании для сжигания соломы с площади 1 га она способна заменить 1200–1600 л жидкого топлива. Выход соломы в 3 т/га содержит количество энергии, эквивалентное энергии, содержащейся в 1000 л мазута или в 2,7 тыс. м³ природного газа.

Для оценки энергоэффективности твердого соломенного топлива были изучены основные характеристики и элементный состав различных образцов соломы. Для корректного сравнения все значения пересчитаны на абсолютное сухое топливо и представлены в таблице 1. В эту таблицу включены справочные и литературные данные по характеристикам соломы, полученные в других странах, а также аналогичные параметры для древесного топлива.

Расхождения $\pm 1,2$ МДж/кг в значениях низшей теплоты сгорания соломы в пересчете на сухое топливо (15,8–18,2 МДж/кг) обусловлены, главным образом, различной зольностью образцов 2–10%, поскольку величины низшей теплоты сгорания в пересчете на сухое и обеззоленное топливо для всех видов соломы различаются незначительно — $\pm 0,5$ МДж/кг.

Величина и количество углерода в соломе в среднем на 10% меньше, чем у древесного топлива, что связано с наличием в древесном топливе лигнина и коры, имеющих более высокую энергоемкость и содержание углерода соответственно. Значения зольности и содержания азота в соломе в среднем в 2 раза выше по сравнению с древесным топливом из-за большего количества в соломе минеральных и органических веществ, обеспечивающих ее быстрый рост.

Таблица 1 – Сравнительный анализ данных по зольности (А), содержанию углерода (С), водорода (Н), азота (N), серы (S), хлора (Cl), низшей теплоты сгорания (Q_d) для соломы и древесного топлива, пересчитанных на абсолютно сухое состояние (d)

Вид биотоплива	A^d	C^d	H^d	N^d	S^d	Cl^d	Q^d
	%						МДж
Солома							
Солома рапса (РБ)	5,8	45,16	5,49	0,67	0,62	0,77	16,90
	5,9	46,80	5,76	0,79	0,30	0,82	17,42
Солома пшеницы (РБ)	7,0	44,54	5,59	0,53	0,15	0,91	16,50
Солома тритикале (РБ)	6,8	45,41	5,66	0,57	0,15	0,50	16,94
Солома (РБ) в среднем	5-7	44,5-46,8	5,4-5,8	0,5-0,8	0,1-0,7	0,5-1,0	16,5-17,5
Солома рапса (Украина)	4,8	47,86	5,74	0,41	0,12	0,16	17,16
Солома рапса (Украина)	9,8	43,10	5,22	0,61	0,05	0,27	15,82
Солома тритикале (Украина)	8,3	43,83	5,21	0,55	0,08	0,24	16,61
Солома (Дания)	2-7	47-48	5,4-6,4	0,3-1,5	0,1-0,2	0,1-1,1	17,2-18,2
Солома (Финляндия)	4,5-6,5	45-47	5,8-6,0	0,4-0,6	0,01-0,13	0,14-0,97	16,7-17,8
Солома (Россия)	2,6-7,0	47,5	5,9	0,6	0,1	-	17,7
	3,3-4,3	46,6-47,8	5,5-5,8	0,3-0,5	0,1-0,2	0,2-0,9	17,4-18,2
Итого	2-10	43-48	5,2-6,4	0,3-1,5	0,05-0,6	0,1-1,0	15,8-18,2
Древесное топливо							
Щепа древесная (Дания)	0,3-6	49-52	5,2-6,1	0,1-0,7	<0,1	<0,1	18,3-20,3
Древесное топливо (РБ)	0,3-6	48,6-54,2	5,4-6,2	0,03-0,37	0,03-0,07	-	17,2-20,2
Итого	0,3-6	48-54	5,2-6,2	0,03-0,7	0,03-0,1	0,02-0,1	17,2-20,3

Повышенное содержание в соломе серы (~ в 4 раза) и особенно хлора (~ в 10 раз) по сравнению с древесным топливом не позволяет относить соломенное топливо к экологически чистому и ограничивает его широкое использование. Кроме того, характерное для соломы высокое содержание калия и щелочей приводит к низким значениям температур деформации — t_1 , размягчения — t_2 и жидкоплавленного состояния золы — t_3 (таблица 3) и, как следствие, к образованию после сжигания трудноудаляемого стеклообразного остатка.

Такой состав соломы связан, главным образом, с активным использованием в агротехнологиях минеральных удобрений, средств защиты растений и т.п. для увеличения выхода (урожайности) целевых продуктов. При выращивании энергетических растений, например, мискантуса, быстрорастущей ивы, либо заготовке энергетического сена экологическая составляющая будет более благоприятной, так же как и при использовании отходов зернопереработки.

Основными преимуществами использования соломы в качестве твердого биотоплива являются ее невысокая стоимость и низкое, особенно по сравнению с древесным, влажностное содержание в исходном рабочем топливе, получаемое прессованием в тюки или рулоны непосредственно на полях. Основные недостатки — уже отмеченная выше низкая экологичность и малая плотность соломы, что в обычных условиях ограничивает целесообразность ее использования в районе сбора. В Республике Беларусь солома в виде рулонов в качестве биотоплива чаще всего используется для сушки зерна.

Без подготовки для топливных нужд в большинстве случаев целесообразно использовать щепу, представляющую собой на 50% отходы лесозаготовки при рубках главного пользования и на 50% отходы от некондиционной древесины, полученной при

рубках ухода и прореживания, а также при измельчении пней. Применение такой щепы и соломы представляет собой утилизацию отходов с целью получения тепла. Удельная массовая теплота сгорания щепы с естественной влажностью 40% составляет примерно 10,0 МДж/кг, что меньше аналогичной величины для соломы — 14,3 МДж/кг, в то время как удельная объемная теплота сгорания для щепы (3,1 МДж/м³) выше, чем у соломы (2,2 МДж/м³).

Древесные гранулы (или пеллеты) при сжигании дают значительно более высокий тепловой эффект по сравнению с исходной щепой или дровами как по массе (10,0 МДж/кг → 16,6 МДж/кг), так и по объему (3,1 МДж/м³ → 10,0 МДж/м³). Получение такого топлива из отходов глубокой переработки древесины при изготовлении плит, фанеры и т.п. во многих случаях будет способствовать снижению себестоимости основного производства.

Прессование соломы в брикеты также приводит к существенному возрастанию объемной теплоты сгорания с 2,2 МДж/м³ до 7,6 МДж/м³, но при этом удельная (массовая) теплота сгорания увеличивается незначительно с 14,3 МДж/кг до 15,2 МДж/кг по сравнению с гранулированием древесного топлива.

В качестве твердого биотоплива могут использоваться другие, твердые сельскохозяйственные отходы (остатки), качественные показатели которых представлены в таблице 2.

По характеристикам, пересчитанным на сухое вещество, таким как зольность, низшая теплота сгорания, содержание серы и хлора, эти биотоплива занимают промежуточное значение между соломой и древесным топливом. Целесообразно переводить на топливо только те остатки либо некондиционное сырье, дальнейшее использование которых энергоэффективно, т.е., по сути, утилизировать отходы, одновременно повышая общую эффективность основного производства. Большой «ассортимент» отходов открывает широкие возможности при создании смесевых твердых биотоплив. Таким образом, также представляется перспективным и целесообразным получение новых видов твердого биотоплива, ориентированного на конкретные производства продукции из сельскохозяйственного или природного сырья.

Таблица 2 – Зольность (A^d) и низшая теплота сгорания (Q_i^d) отходов сельскохозяйственных культур, пересчитанных на абсолютно сухое состояние (d)

Вид биотоплива	A^d , %	Q_i^d , МДж/кг
Шрот рапса и сурепицы (РБ)	7-8	18,1-19,1
Льнокостра (Оршанский льнокомбинат)	2,0	18,25
Льнокостра (Пружанский льнокомбинат)	1,85	19,05
Льнокостра	4,3	18,1
Лузга гречихи (РФ)	5,9	18,14
Лузга овса (РБ)	2,8	17,75
Лузга подсолнечника (Украина)	3,4	19,08
Лузга подсолнечника	2,8	18,4
Лузга подсолнечника	1,9-6,0	17,9-19,3
Семена пшеницы/ржи (50/50)	1,8	17,11
Отходы зернопереработки хлебокомбинатов (РБ)	6,7-12,7	16,3-17,3
Итого	1,8-12,7	16,3-19,3

Технология уборки соломы с перспективами последующего использования для топлива не отличается от традиционной. Оставленные комбайном валки подбираются подборщиками любого типа. При этом солома должна быть достаточно сухой. Затем прессованная солома складывается вблизи места использования.

В ОАО «Агрокомплект» г. Могилева разработана конструкция, изготовлен и испытан

опытный образец воздухонагревателя ВНС-1,5, работающего на соломе.

Воздухонагреватель ВНС-1,5 предназначен для сжигания местного твердого топлива (соломы) и подачи теплоносителя в сушилку М-819 для сушки зерновых культур. Топливом для воздухонагревателя служит солома, прессованная в рулоны: диаметр рулона до 1800 мм, длина рулона до 1450 мм, влажность не более 25%.

За время эксплуатации опытного образца на зернотоке д. Лукоть в УКСП «Совхоз «Первомайский» Дрибинского район; в 2006 г. на сушилке М-819 было переработано 2075,7 т зерна со снятием влажности с 16–35% до 13–14%. Заготовлено семян озимой пшеницы 120 т. Для сушки зерна было израсходовано 100 т соломы. Температура нагретого воздуха в сушилке регулируется в пределах 50–110 °С, температура уходящих дымовых газов — 100 °С, температура в жаровом канале топki 300–600 °С, тепловая мощность воздухонагревателя 1500 кВт.

Расчеты специалистов хозяйства также показали, что в УКСП «Совхоз «Первомайский» ежегодно собирается около 500 т озимой соломы, которую можно использовать в качестве топлива для сушилки. Этого количества соломы достаточно, чтобы просушить около 10 тыс. т зерна.

В процессе эксплуатации воздухонагревателя были также выявлены и недостатки конструкции, требовавшие доработки. Опытный образец ВНС-1,5 прошел испытание на «Белорусской МИС», получено разрешение на изготовление опытной партии ВНС-1,5 для проведения приемочных испытаний.

До начала уборки изготовлены, смонтированы и запущены в работу три воздухонагревателя ВНС-1,5 в СГЦ «Вихра» Мстиславского района, ЗАО «Горы» Горещского района, СПК «Сухаревский» Могилевского района. В процессе уборки смонтирован ВНС-1,5 в УКСП «Тишовка» Могилевского района. Произведена модернизация ВНС-1,5 в УКСП «Первомайский» Дрибинского района. Подведенные итоги работы воздухонагревателей ВНС-1,5 в хозяйствах Могилевской области показали высокую эффективность данных установок, работающих совместно с сушилками М-819.

В процессе работы опытной партии воздухонагревателей выявлен ряд недостатков конструкции. Необходимо

- увеличить размеры топki и загрузочных дверей (для использования рулонов, спрессованных пресс-подборщиками ПР-Ф-180, и рулонов неправильной геометрической формы);
- изменить конструкцию и крепление шлюзового затвора;
- изменить конструкцию дверей и запорного устройства дверей для загрузки рулонов в целях исключения их коробления;
- доработать конструкцию крыши воздухонагревателя;
- доработать технологию теплоизоляции металлоконструкции топki;
- подобрать оптимальную мощность дымососа.

В качестве топлива целесообразнее использовать солому озимых культур — ржи, тритикале и пшеницы, в которых содержится наименьшее количество вредных элементов (азота, калия, хлора, серы), вызывающих коррозию металлоконструкции. В соломе ячменя и овса обычно больше травяных примесей и хлора. Использовать рапсовую солому в качестве топлива нельзя из-за образования при ее сгорании большого количества смол, которые приводят к закоксуыванию газоходов теплообменника и выходу воздухонагревателя из строя.

Рулоны соломы должны иметь хорошую плотность и правильную геометрическую форму. Нарушение этих требований приводит к проблемам при загрузке рулонов в топку: загоранию соломы при открытых дверях и в конечном итоге к короблению шлюзовых затворов и дверей. Влажность соломы не должна превышать 25%. Наиболее подходящая ее влажность для сжигания — 12–18%. При сжигании соломы (из-за высокого содержания щелочных металлов относительно низкие температуры размягчения и плавления золы) шлаковые образования забивают колосниковые решетки и препятствуют поступлению

воздуха в зону горения. Опыт работы воздухонагревателей показал, что при влажности соломы более 15% необходимо после сгорания каждого рулона соломы через дверцу топki разгpушать кочергой слой шлака на колосниковой решетке и, при необходимости, удалять этот шлак, а после 12 часов работы топki удалять шлак через дверцу зольника.

Эксплуатация опытной партии воздухонагревателей ВНС-1,5 показала, что наибольшая эффективность работы обеспечивается при непрерывной работе всего зерносушильного комплекса. В конструкции воздухонагревателя в качестве материала для стен и аккумулятора тепловой энергии используется огнеупорный кирпич (более 24 т), который обеспечивает долговечность топki. При неисправностях механизмов КЗС, а также при использовании сушилки с большими перерывами в работе тепло, аккумулированное топкой, не используется, увеличивается расход соломы на последующий разогpев топki.

Кроме того, анализ работы сушилок показал, что, за исключением СГЦ «Вихра», обслуживающий персонал недостаточно хорошо знал принципы работы сушилки, технологии сушки, регулировок, правила технического обслуживания и ремонта, что приводило к недостаточно эффективному использованию эксплуатируемых зерносушильных комплексов.

Так, интенсивность сушки зерна зависит, главным образом, от двух факторов: температуры и количества подаваемого воздуха. Температура воздуха тесно связана с температурой нагрева зерна. Сушка зерна при слишком высокой температуре отрицательно влияет на его биохимические свойства. В зависимости от культуры и степени влажности зерна должны выбираться наиболее рациональные температуры сушки.

Во время процесса сушки зерна очень важным вопросом является правильное регулирование количества воздуха, так как от этого зависит интенсивность испарения влаги. Поэтому количество воздуха следует регулировать до максимальных значений, т.е. немного ниже предела «укоса зерна». Четыре вентилятора сушилки служат для подвода как горячего, так и охлаждающего воздуха, поэтому после регулирования количества нагpетого воздуха следует отрегулировать количество подаваемого охлаждающего воздуха и наоборот. Охлаждение является необходимой операцией, так как предохраняет зерно от вторичного увлажнения во время складирования. Оно должно охлаждаться до температуры от 5 °С до 10 °С выше температуры окружающей среды. В случае высокой влажности атмосферного воздуха (свыше 70%) интенсивность охлаждения следует уменьшить, чтобы не допустить вторичного увлажнения зерна. Для каждого вида зерна и степени его влажности надо соответственно отрегулировать количество воздуха.

Во время работы сушилки с открытыми клапанами вентиляторов камеры охлаждения и сушки зерна должны быть заполнены зерном, а в бункере должен находиться запас зерна. Этот запас определяется посредством сигнализатора, а слой зерна должен быть высотой не менее 0,5 м. Несоблюдение указанного принципа является причиной «укоса зерна» и выбрасывания его воздухом из сушилки через фильтры.

Зерно, направляемое в сушилку, должно быть очищено от примесей не только с целью предотвращения неэффективного использования топлива, а прежде всего из-за возможного прекращения прохода зерна через колонну сушки. Самыми опасными в этом отношении являются длинные примеси, т.е. веревки и длинная солома. Минимальная чистота зерна, предназначенного для сушки, — 94%, кукурузы — 90%. Содержание в зерне соломы длиной не более 50 мм не должно превышать 0,2%. Влажность, при которой гарантируется правильный процесс сушки, не должна превышать 30% у зерна хлебных злаков и 40% у зерна кукурузы.

В процессе сушки необходимо контролировать:

- влажность зерна перед сушкой и после нее;
- температуру нагpетого воздуха;
- температуру нагрева зерна;
- температуру газов в жаровом канале;
- температуру газов в дымовой трубе;

- температуру зерна после охлаждения;
- периодически очищать от загрязнений мешки, находящиеся под фильтрами и разравнивающим устройством.

Преимущества сушки зерна на соломе:

1. Неограниченный ресурс топлива (для сушки используется 3–5% выращенной соломой).
2. Относительно низкая стоимость соломы (по данным хозяйств, от 8 до 25 тыс. руб. за 1 т в ценах 2007 года).
3. Относительно низкие транспортные расходы.
4. Существенная экономия жидкого топлива.
5. Возможность использования соломы, прессуемой отечественными пресс-подборщиками ПР-Ф-110, ПР-Ф-145, ПР-Ф-180, без ее предварительной подготовки, влажностью до 25%.
6. Возможности сушки как фуражного, так и продовольственного и семенного зерна за счет высокой стабильности поддержания постоянной температуры теплоносителя в пределах 50–110 °С.
7. Простота конструкции, высокая надежность воздушонагревателя.
8. Долговечность конструкции, обеспечиваемая материалом топки (огнеупорный кирпич) и теплоизоляцией всех металлоконструкций топки, обеспечивающей защиту металла от коррозии выделяющимися при сжигании соломы веществами.
9. Сохранение высокого качества зерна за счет своевременной переработки.
10. Значительный экономический эффект.

Недостатки сушки зерна на соломе:

1. Увеличение количества обслуживающего персонала на 1 человека.
2. Затраты на заготовку, доставку и хранение соломы.
3. Заготовка рулонов соломы достаточной плотности и правильной геометрической формы.
4. Использование большого количества огнеупорного кирпича (6,5 тыс.шт.), не производимого в республике.
5. Большая трудоемкость футеровки и теплоизоляции топки и невозможность проведения этих работ в холодное время года.
6. Дополнительный расход электроэнергии на работу дымососа.
7. Зависимость результатов работы от квалификации оператора и соблюдения им технологии сушки зерна.

Сушилки М-819 являются наиболее приемлемыми для перевода их на работу с использованием в качестве топлива соломы благодаря конструкции теплообменника, производительности, возможности регулировки объемов горячего воздуха для сушки и холодного для охлаждения зерна.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИННОВАЦИОННЫЙ СЦЕНАРИЙ НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Пашинский В.А. к.т.н., доцент

*Международный государственный экологический университет им. А.Д. Сахарова
г. Минск. Республика Беларусь*

В условиях мирового финансового кризиса работа по энергосбережению приобретает особое значение, как один из основных путей снижения издержек на производство промышленной продукции и повышение ее конкурентоспособности. 2008 год, который характерен высокой активностью в плане энергосбережения в РБ, позволил снизить

энергетическую составляющую в затратах на производство промышленной продукции с 12,2% в 2007 году до 11,3% и достичь расход топлива 315 г у т на 1 доллар США ВВП. К 2010 году планируется снизить расход топлива до 270 г у т на 1 доллар США ВВП.

Прогноз, сделанный в 2005 г. [1], предусматривал, что в 2010 г. энергопотребление составит 36,9 млрд. кВт-ч, в 2020 году – 41 млрд. кВт-ч, что потребует увеличения установленной мощности примерно на 650 МВт.

Республика Беларусь как и многие страны мира в ближайшие годы должна принять решение, как будет выглядеть энергетика на ближайшие десятилетия. Выбор технологий в энергетике будущего относительно невелик. В соответствии с позицией российского экспертного сообщества [2], источники энергии, которые поменяют сложившиеся экономические, балансовые и экологические представления, определены следующим образом:

- ядерная энергетика на быстрых нейтронах с полным топливным циклом;
- нетрадиционные возобновляемые энергоресурсы;
- возможно, термоядерная энергетика.

Среди всех технологий самыми перспективными и надежными являются технологии на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Лидерами в области ВИЭ являются три технологии: энергетика на основе биомассы, солнечная и ветровая энергетика. В последние годы больший прирост мощностей произошел в ветровой энергетике. Однако ожидается, что после 2020 года лидером роста станет солнечная энергетика, вследствие снижения затрат на производство высококачественного кремния, который используется для изготовления фотоэлементов.

Проведя анализ имеющихся данных о потенциале ВИЭ, вторичных ресурсов и энергоэффективности в газовой генерации по РБ [3] можно сделать вывод, что перспективными на ближайшие десятилетия направлениями ВИЭ являются ветровая и энергетика на основе биомассы.

Ветроэнергетический потенциал Беларуси, технологически возможный для использования выпускаемыми ветроэнергетическими установками (ВЭУ) при среднегодовой скорости ветра 5,7 м/с, составляет 15,65 млрд. кВт-ч [4]. Для достижения поставленной цели необходимо ввести около 3500 ВЭУ общей установленной мощностью 7028 МВт. При этом себестоимость 1 кВт-ч электроэнергии составит 3,01 цента США при стоимости ВЭУ 1000 долларов/кВт установленной мощности без учета финансовых услуг при строительстве.

Использование в настоящее время отходов деревообработки и сельского хозяйства в качестве топлива может обеспечить не менее 3 млн. т у т. В соответствии с [1], предполагается также использовать биомассу быстрорастущих растений на выработанных торфяниках площадью 180 тыс. га. В качестве таких культур могут быть ива, береза, тополь, ель. В МГЭУ им. А.Д. Сахарова проводятся в настоящее время исследования по выращиванию быстрорастущей ивы.

В РБ имеет значительный потенциал производства биогаза на основе отходов животноводства и птицеводства. И в соответствии с [5], экономически доступный потенциал биогаза достигает 1,75 млн. т у т.

Таким образом, баланс в электроэнергетике РБ, исходя из прогнозируемого потребления 41 млрд. кВт-ч к 2020 году, может выглядеть следующим образом:

- мазут – 1,7 млрд. кВт-ч;
- древесное топливо – 2,5 млрд. кВт-ч;
- биогаз – 2,5 млрд. кВт-ч;
- отходы растениеводства – 3 млрд. кВт-ч;
- ветровая энергетика – 12,3 млрд. кВт-ч;
- ГЭС – 0,4 млрд. кВт-ч;
- пар котельных – 0,85 млрд. кВт-ч;
- импорт – 3 млрд. кВт-ч;
- газ – 14,1 млрд. кВт-ч.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственная программа модернизации основных производственных фондов белорусской энергетической системы, энергосбережения и увеличения доли использования в республике собственных топливно-энергетических ресурсов в 2006 – 2010 годах, Минск, 2005.
2. Проект концепции Энергетической стратегии Российской Федерации на период 2030 года.
3. Снижение потребления природного газа в Беларуси: ядерный и инновационный сценарии: моногр. /О.В. Бодров, В.А. Чупрв, И.Э. Шкрадюк. – Минск: Бестпринт, 2009. – 110с.
4. К вопросу использования ветроэнергетических ресурсов Беларуси. Н.А. Лаврентьев и др. Материалы международной конференции «Энергетика Беларуси: пути развития», Минск, 2006.– с. 61-71.
5. Возобновляемые источники энергии Беларуси: прогноз, состояние, механизмы реализации. Материалы международной конференции «Энергетика Беларуси: пути развития», Минск, 2006.– с.37-60.

УДК 621.3

АНАЛИЗ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ НЕТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Полищук А. А., канд. физ.-мат. наук, доц., Мороз В. К., к.т.н., доц., инж.
Михальцевич Г. А., н. с. Мороз А. В.

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», УО «Белорусский государственный технологический университет», УО «Белорусский национальный технический университет», Белорусский теплоэнергетический институт
г. Минск, Республика Беларусь*

Для производства материальных благ и создания наилучших условий жизни людей необходимо потреблять большое количество энергии. Отрасль техники и науки, обеспечивающая энергией промышленность, транспорт, сельское хозяйство и т. д. называется энергетикой.

Для успешного использования энергии ее надо добыть, передать на расстояния и распределить между многочисленными потребителями. Огромное количество природной энергии содержится в ископаемом топливе, водных потоках, солнечных лучах, радиоактивных элементах и т. д. Все эти энергоносители, заключающие в себя первичную энергию, за счет которой может быть выработана вторичная энергия.

Для преобразования различных видов энергии в электрическую энергию используются установок, называемые электрическими станциями [1].

В нашей стране в зависимости от месторасположения, вида промышленности, уклада сельского хозяйства и т. д. используется в основном электроэнергия, получаемая от тепловых электростанций (ТЭС), гидравлических электростанций (ГЭС), атомных электростанций (АЭС) и др., расположенных на территории РБ и за ее пределами.

Основная доля установленной мощности и выработки электроэнергии приходится на тепловые электростанции (ТЭС). КПД современных ТЭС достигает 60–70 %. Чаще всего они работают на привозном топливе.

На гидравлических электростанциях (ГЭС) энергия потока воды преобразуется сначала в механическую, а затем в электрическую энергию.

Однако в местах, отдаленных от энергетических систем и электрических сетей ТЭС и ГЭС, особенно в сельской местности, используются малые электростанции, работающие на местном сырье и обеспечивающие отдельные агропромышленные комплексы (АПК) электроэнергией.

На атомных электростанциях (АЭС) энергия внутриядерных реакций урана, плутония, тория, сопровождающихся выделением огромного количества тепла, преобразуется в механическую, а затем в электрическую энергию.

В настоящее время в РБ в области энергетической политики поставлена задача постепенной замены органического топлива (угля, торфа, газа) другими источниками энергии, что обусловлено рядом причин:

1) основные запасы органического топлива в стране незначительны, которые имеют особую ценность в качестве химического сырья;

2) сжигания органического топлива в его естественном необогащенном виде приводит к интенсивному загрязнению окружающей среды;

3) покупка, перевозка такого топлива и подготовка к сжиганию (измельчение, очистка и т. д.) требует значительных и быстро растущих затрат.

Поэтому дальнейший вес тепловых электростанций, работающих на органическом топливе вышеуказанного типа, будет снижаться.

Отсутствие в РБ собственного большого количества органического топлива и крупных, и быстрых рек, а также ограниченная возможность использования атомных электростанций в связи со сложной экологической и радиационной обстановкой требует в перспективе широкого использования нетрадиционных источников энергии (НИЭ) [2].

Рост потребления электроэнергии в сельском хозяйстве стал возможным благодаря принятым комплексным программам РБ, предусматривающим широкое использование солнечной энергии для сушки зерна, фруктов, подогрева воды на фермах, теплицах, обогрева домов в сельской местности.

Гелиоэнергетика (гелио- от греческого: «*Helios*» – солнце) или солнечная энергетика развивается быстрыми темпами в самых разных направлениях. Можно использовать солнечную энергию как источник тепла для выработки электроэнергии традиционными способами (например, с помощью турбогенераторов) или же непосредственно преобразовывать солнечную энергию в электрический ток в солнечных элементах. Солнечными батареями могут называть как электрические, так и нагревательные устройства.

Так, при строительстве солнечного дома можно устанавливать коллекторы [3].

Простые коллекторы содержат черную плитку, хорошо изолированную снизу. Она прикрыта стеклом или пластмассой, которая пропускает свет, но не пропускает инфракрасное тепловое излучение. В пространстве между плитой и стеклом чаще всего размещают черные трубки, через которые текут вода, масло, ртуть, воздух, сернистый ангидрид и т. п. Солнечное излучение, проникая через стекло или пластмассу в коллектор, поглощается черными трубками и плитой и нагревает рабочее вещество в трубках. Тепловое излучение не может выйти из коллектора, поэтому температура в нем значительно выше (на 200–500°С), чем температура окружающего воздуха. В этом проявляется так называемый парниковый эффект. Обычные парники, по сути дела, представляют собой простые коллекторы солнечного излучения. Такие коллекторы, как правило, устанавливают под определенным оптимальным углом к югу.

Более сложным и дорогостоящим коллектором является вогнутое зеркало, которое сосредоточивает падающее излучение в малом объеме около определенной геометрической точки – фокуса. Отражающая поверхность зеркала выполнена из металлизированной пластмассы либо составлена из многих малых плоских зеркал, прикрепленных к большому параболическому основанию. Благодаря специальным механизмам коллекторы такого типа постоянно повернуты к Солнцу – это позволяет улавливать наибольшее количество солнечного излучения. Температура в рабочем пространстве зеркальных коллекторов достигает 3000°С и выше. Такие гелиоприемники должны иметь поверхность в 1,5–2 м², для обеспечения горячей водой одного человека и 4,5–9 м² для отопления помещения площадью 15 м². Максимальная производительность коллектора в летний солнечный день достигает 70–100 л воды с температурой 55–70°С с каждого м² площади гелиоприемника. При этом экономия условного топлива достигает 0,1–0,17 т с каждого м² площади гелиоприемника за

год. Можно аккумулировать теплоту также непосредственно в графите, щебне, парафине или грунте.

Рекомендуемый объем аккумуляторов составляет 70–90 л/м² гелиоприемника в системах горячего водоснабжения и 50–150 кг/м² гелиоприемника камней в системах воздушного отопления.

В условиях нашей страны, с апреля по октябрь с 1 м² поверхности гелиоустановок можно получить до 400 кВт·ч электроэнергии.

В зависимости от района строительства, типа здания, вида гелиосистемы экономия по топливу на квартиру составляет от 1,5 до 20 т условного топлива (УТ) за год.

В южных районах РБ гелиотеплица с аккумулятором теплоты дает экономию в 450 т УТ на 1 га за год.

В некоторых зарубежных странах стоимость 1 кВт·ч энергии солнечно газовой станции составляет 7...8 центов. Это ниже, чем на большинстве традиционных станций. (Атомные станции США ~ 15 центов за 1 кВт.). Это вселяет большие надежды в будущее.

В последнее время, как в РБ, так и во всем мире возрос интерес к ветровым электроустановкам. Особенно это актуально для сельского хозяйства.

При использовании ветра возникает серьезная проблема: избыток энергии в ветреную погоду и недостаток ее в периоды безветрия. Как же накапливать и сохранить впрок энергию ветра? Простейший способ состоит в том, что ветряное колесо движет насос, который накачивает воду в расположенный выше резервуар, а потом вода, стекая из него, приводит в действие водяную турбину и генератор постоянного или переменного тока. Существуют и другие способы, и проекты: от обычных, хотя и маломощных аккумуляторных батарей до раскручивания гигантских маховиков или нагнетания сжатого воздуха в подземные пещеры и вплоть до производства водорода в качестве топлива. Особенно перспективным представляется последний способ. Электрический ток от ветровой установки разлагает воду на кислород и водород. Водород можно хранить в сжиженном виде и сжигать в топках тепловых электростанций по мере надобности.

Ветроэнергетическая установка, расположенная на площадке, где среднегодовая удельная мощность воздушного потока составляет около 500 Вт/м² (скорость воздушного потока при этом равна 7 м/с), может преобразовать в электроэнергию около 175 из этих 500 Вт/м². В зависимости от ветроэнергетической установки при скорости ветра от 3 до 7 м/с номинальная мощность, чаще всего, может быть от 1 до 100 кВт.

Один из способов экономии природных и сжиженных газов заключается в получении в сельских хозяйствах биогаза. Биогаз выделяется при сбраживании биологической массы (навоза, отходов с/х производства).

Продолжительность сбраживания навоза зависит от вида биомассы. Для навоза крупного рогатого скота и куриного помета продолжительность составляет 20 суток, свиного навоза – 10 суток.

В сутки от одного животного можно получить следующее количество биогаза:

- крупный рогатый скот (массой 600 кг) – 1,5 м³;
- свиньи (массой 100 кг) – 0,2 м³;
- куры, кролики – 0,015 м³.

Для получения биогаза могут быть использованы отходы обработки с/х культур: силос, солома, пищевые и другие отходы ферм в хозяйствах.

Средняя биогазовая установка дает на выходе от 60 м³/сут до 100 м³/сут биогаза.

В процессе эксплуатации биогаз может использоваться вместе с жидким топливом в котле КВ-300М. При этом экономия основного топлива составляет 20-30%.

В вышеуказанных программах предусмотрены как научные разработки, так и изготовление, монтаж и наладка установок. Таким образом, использование нетрадиционных возобновляемых источников электроэнергии (ветросиловые, солнечные, биогазовые и другие установки) позволит в ближайшем будущем получить до 20% потребности РБ в тепловой и электрической энергии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Поярков К. М. Электрические станции, подстанции, линии и сети / К. М. Поярков. – М., 1974. – С. 5–15.
2. Кирюшатов А.И. Использование нетрадиционных возобновляющихся источников энергии в сельскохозяйственном производстве / А. И Кирюшатов. – М.: Агропромиздат, 1991. – 96 с.
3. Герасимович Л. С. Справочник по теплоснабжению сельского хозяйства / Л. С. Герасимович. – Минск: “Ураджай,” 1993. – С. 345–364.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО НАСОСА В СИСТЕМЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Почанин Ю.С. Доцент, к.т.н, Езубчик М.Ф. ассистент

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

Рациональное использование топливно-энергетических ресурсов представляет сегодня собой одну из проблем, успешное решение которой, будет иметь определяющее значение для эффективности теплоснабжения. Одним из перспективных путей решения этой проблемы является применение новых энергосберегающих технологий, использующих нетрадиционные возобновляемые источники энергии. Преимущества их использования в сравнении с их традиционными аналогами, связаны не только со значительными сокращениями затрат энергии в системах жизнеобеспечения зданий и сооружений, но также с новыми возможностями в области повышения степени автономности энергосистем. Использование низкопотенциального тепла Земли посредством тепловых насосов возможно практически повсеместно и в настоящее время это одно из наиболее динамично развивающихся направлений использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии.

В тепловом насосе происходит отбор тепла от низкопотенциального источника и его утилизация следующим образом. Теплоноситель, проходя по трубопроводу, проложенному в земле или воде, нагревается на несколько градусов, затем, проходя через теплообменник отдает аккумулированное тепло во внутренний контур теплового насоса, заполненный хладагентом. Хладагент (с низкой температурой кипения) в расширителе при низком давлении и температуре $-10...+5^{\circ}\text{C}$ переходит из жидкого состояния в газообразное. Компрессор сжимает хладагент до температуры $50...80^{\circ}\text{C}$, и затем горячий газ поступает во второй теплообменник, где происходит передача тепла в систему отопления. Охладившись при этом, хладагент конденсируется в жидкость, а нагретый теплоноситель внутреннего контура подает тепло потребителю. Тепловые насосы чрезвычайно экономичны, поскольку при подводе к тепловому насосу, например, 1 кВт электроэнергии, в зависимости от режима работы и условий эксплуатации, производят до 3-4 кВт тепловой энергии.

К важным преимуществам систем теплоснабжения с использованием тепловых насосов также следует отнести экологическую чистоту и возможность эффективного поддержания заданных тепловых режимов микроклимата помещений. Тепловые насосы надежны в работе, что сокращает издержки на обслуживание и ремонт, имеют безопасность значительно выше, чем при использовании газового отопления. Тепловые насосы много лет применяются в развитых странах и доказали свою надежность и долговечность на практике. Срок их службы до капитального ремонта составляет более 20 лет.

На полигоне кафедры практической подготовки студентов БГАТУ устанавливается воздушно-водяной тепловой насос (VITOCAL 350 тип AWI мощностью 14,5 кВт с погодозависимой цифровой автоматикой управления CD 70 немецкой фирмы VISSMANN) для отопления и приготовления горячей воды в отопительных установках. Отбор тепла

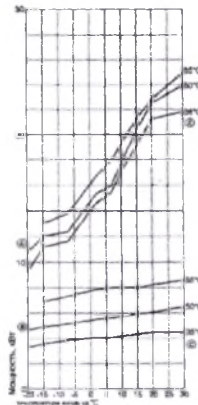
производится из окружающего воздуха. Насос расположен внутри помещения и воздух подается в его теплообменник с помощью вентилятора В тепловом насосе в качестве хладагента используется озонобезопасный фреон R407C и спиральный компрессор SCROLL повышенной надежности. Характеристики хладагента R40C представлены в таблице 1

Таблица 1 Характеристики хладагента R407C.

Давление	Температура испарения	Температура конденсации
1	-21,3	-27,9
1,4	-16,9	-23,3
1,8	-13,3	-19,3
2,2	-9,6	-15,7
2,6	-6,5	-12,5
3	-3,6	-9,5
4	2,5	-3
4,6	6,1	0,5
5	8,2	2,6
5,8	12,2	6,6
6,6	15,7	10,2
7	17,4	11,9
8	21,3	15,9
9	24,9	19,5
10	28,3	22,9

Давление	Температура испарения	Температура конденсации
11	31,4	26,1
12	34,3	29,1
13	37,1	31,9
14	39,7	34,5
15	42,2	37,1
16	44,5	39,5
17	46,8	41,8
18	48,9	44
19	51	46,2
20	53	48,2
21	54,9	50,2
22	56,7	52,1
23	58,5	54
24	60,2	55,8
25	61,8	57,9

Тепловой насос обеспечивает подачу воды с температурой до 65°C. Характеристика теплопроизводительности, холодопроизводительности и потребляемой мощности теплового насоса представлены на рис 1.



Vitocal-350», тип AW1

- A -- теплопроизводительность;
- B -- холодопроизводительность;
- C -- потребляемая мощность.

Рис 1 Характеристики теплового насоса Vitocal-350», тип AW1.

При применении тепловых насосов необходимо помнить, что для всех типов тепловых насосов характерен ряд особенностей:

1. Во-первых, тепловой насос оправдывает себя только в хорошо утепленном здании, то есть с теплопотерями не более 60 Вт/м²

2. Во-вторых, чем больше разница температур теплоносителей во входном и выходном контурах, тем меньше коэффициент преобразования тепла (Кпг), то есть меньше экономии электроэнергии. Поэтому более выгодно подключение агрегата к низкотемпературным системам отопления. Прежде всего, имеется в виду обогрев от водяных полов или теплым воздухом, так как в этих случаях теплоноситель по медицинским требованиям не должен быть горячее 35°C.

3. В зимнее время при температуре ниже -10°C тепловой насос типа «воздух-вода» может применяться лишь в сочетании с другим теплогенератором — электрическим, газовым, жидко- или твердотопливным котлом (бивалентный режим).

ЭНЕРГЕТОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СХЕМ РЕАЛИЗАЦИИ БИОГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ ЭНЕРГОГЕНЕРИРУЮЩИХ УСТАНОВОК

Прокопеня И.Н. м.н.с. НИИЦ АСУ ТЭП, аспирант

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

Темпы развития производства и благосостояния общества определяются инновационными разработками в области энергетики. При этом кроме экономической привлекательности современные энергетические объекты должны обладать экологической безопасностью. В сложившихся условиях крайне важно ускорение исследований и принятие решений по использованию перспективных альтернативных источников энергии, что является одной из приоритетных задач в энергетической политике Республике Беларусь [1].

В данном контексте получение и эффективное использование биогаза занимает особое место, так как имеется возможность одновременно решать экологические и энергетические проблемы.

В настоящей работе рассмотрена модель биогазовой установки работающей на сырье животноводческого предприятия. На предприятии применяется схема равномерного производства, выращивания и откорма 27 тысяч голов свиней в год с законченным производственным циклом. Характер работы предприятия – непрерывно-циклический.

Для создания биогазового комплекса на территории хозяйства в схему обработки утилизации и транспортировки животноводческих стоков необходимо внести некоторые изменения: осуществить строительство метантенков, резервуара сброженного осадка, газгольдера, газового факела, произвести выбор энергогенерирующего оборудования [2].

Для проведения энергоэкологического анализа схем реализации биогазового комплекса в работе рассмотрены три варианта энергогенерирующих установок для использования производимого биогаза:

Вариант 1: промышленно-отопительная котельная на базе водогрейных котлов;

Вариант 2: мини-ТЭЦ на базе газопоршневых агрегатов с системой утилизации теплоты;

Вариант 3: мини-ТЭЦ на базе микротурбин с системой утилизации теплоты.

Для каждого из вариантов рассмотрены схемы с использованием регенерации теплоты сброженного субстрата и без нее.

Производимый комплексом биогаз является основным видом топлива для оборудования каждого из предложенных выше вариантов. Тепловая и электрическая (при ее наличии) энергия, получаемые при сжигании биогаза, отпускаются на собственные нужды биогазового комплекса. Излишки тепловой энергии используются для покрытия тепловых нагрузок животноводческого предприятия, а излишки электроэнергии отпускаются в энергосистему. Основными потребителями электроэнергии комплекса являются: компрессоры, насосы, механизмы перемешивания и механизмы разделения сброженного субстрата и т.д. [3] Тепловая энергия используется для подогрева субстрата до температуры брожения, и на компенсацию потерь через ограждающие конструкции, вызванных радиацией и теплопроводностью [4].

Годовой анализ энергетического баланса биогазового комплекса при различных схемах его реализации показал: в варианте 1 потребность комплекса в электроэнергии полностью обеспечивается за счет сторонних источников, в вариантах 2, 3 наблюдается недостаток тепловой энергии в схемах без регенерации теплоты сброженного субстрата, который необходимо компенсировать теплотой от стороннего источника. Однако существуют

схемные решения, при которых биогазовый комплекс является энергетически самодостаточным и может работать автономно, независимо от энергосистемы.

Следует отметить, что во всех вариантах реализации схем, наблюдается системная экономия топлива (природного газа), импортируемого в страну.

В результате снижения расхода природного газа, происходит уменьшение валовых выбросов диоксида углерода и оксидов азота в атмосферу. При этом происходит локальное увеличение выбросов оксидов азота во всех вариантах [5].

В результате работы биогазового комплекса происходит значительное сокращение выбросов вредных веществ в атмосферу, в том числе и парниковых газов, от навозных лагун при любом варианте его реализации [6, 7].

Анализ изменения количества выбросов показал что: экологически эффективным в рамках условий Республики Беларусь является строительство биогазового комплекса по варианту 3 с организацией регенерации теплоты сброженного субстрата.

Была проведена технико-экономическая оценка различных схем реализации биогазового комплекса, при этом затраты на ТЭР и поставляемое оборудование принимались на уровне мировых.

Полученные результаты показали, что строительство биогазового комплекса по варианту 1 при любой из схем его реализации является экономически не целесообразным.

Наиболее экономически эффективными являются схемы реализации биогазового комплекса по варианту 2 с регенерацией теплоты сброженного субстрата, но при этом ухудшаются экологические показатели.

Проведенный анализ свидетельствует о том, что нет однозначного решения по выбору схемы строительства биогазового комплекса на животноводческих предприятиях. Для каждого конкретного объекта необходимо выполнение дополнительных расчетов с учетом особенностей производственного цикла хозяйства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Магомедов А.М.. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии / А.М. Магомедов – Махачкала: Издательско-полиграфическое объединение "Юпитер", 1996. – 245 с.
2. Баадер, В. Биогаз: теория и практика (Пер. с нем. и предисловие М. И. Серебряного.) / В. Баадер, Е. Доне, М. Бренндерферз – М.: Колос, 1982. – 148 с.
3. Веденеев, А.Г. Биогазовые технологии в Кыргызской Республике / А.Г. Веденеев, Т.А. Веденеева, ОФ «Флюид». – Б.: Типография «Евро», 2006. – 90 с.
4. Янко, В. Г. Обработка сточных вод и осадка в метантенках / В. Г. Янко, Ю. Г. Янко. – Киев: «Будивельник», 1978. – 120 с.
5. Стриха И.И. Экологические аспекты энергетики: Атмосферный воздух: Учебн. Пособие / И.И. Стриха, Н.Б. Карницкий. – Мн.: УП «Технопринт», 2001. – 375 с.
6. Временные методические указания по определению выбросов загрязняющих атмосферу веществ от объектов очистных сооружений (с дополнением) 0212.13-97
7. ТКП 17.08-11-2008 (02120) Правила расчета выбросов от животноводческих комплексов, звероферм и птицефабрик / Минприроды – Мн.:2008. – 41с.

УДК 620.91.

РЕСУРСЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ В БЕЛАРУСИ

Русан В. И., д.т.н., профессор, Касаткин И.П.

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

В связи с постоянным увеличением энергопотребления, экологическими последствиями традиционной энергетики и непрерывным ростом цен на углеводородное топливо во многих странах мира усилился интерес к использованию возобновляемых

источников энергии, одним из которых является геотермальная энергия.

Геотермальная энергия практически неиссякаема и полностью независима от условий окружающей среды, времени суток и года.

Использование геотермальной энергии может иметь целью получение теплоты для обогрева объектов сельского и коммунального хозяйства, производство электроэнергии и механической энергии, а также в бальнеологических целях.

Общий выход тепла из недр Земли на ее поверхность втрое повышает современную мощность энергоустановок мира и оценивается в 30 ТВт. При этом средняя плотность глубинного теплового потока составляет всего 0,06 Вт/м², что примерно в 3500 раз меньше средней плотности солнечного излучения. ...Тепло Земли очень "рассеянно", и в большинстве районов мира человеком может использоваться с выгодой только очень небольшая часть энергии, накопленная в 5-километровом слое земной коры. К тому же, с технической и экономической точек зрения земное тепло можно осваивать только в регионах с благоприятными геологическими условиями[3].

Выполненные исследования показали, что на территории Беларуси общие ресурсы тепла горячих горных пород превышают 17 триллионов т у.т., из них технически доступны - 2, а экономически эффективны - 0,2 триллиона. Изотерма с температурой не ниже 100°C проходит на глубине 5...6 км и занимает 7,5 % территории страны. Выявленные ресурсы тепла горячих горных пород представляют источник энергии завтрашнего дня, но для выяснения перспектив его использования необходимы исследования по геологической оценке геотермальных ресурсов республики, выбору приемлемых технологий извлечения тепла горных пород и разработок технологий его комплексного использования.

Изучением характеристик теплового поля платформенного чехла Беларуси занимаются в БелНИГРИ (доктор геолого-минералогических наук В.И.Зуй), где обоснована целесообразность практического использования геотермальной энергии в Беларуси. Первая геотермальная станция начнет работать в 2009 г. Станция будет отапливать парниково-тепличный комбинат "Берестье" под Брестом. В конце 2007 г. на месте будущей станции была пробурена скважина глубиной более 1,5 тыс. м, которая получила название Вычулковская.

Геологоразведочные работы по поискам новых источников геотермальной энергии в Беларуси будут продолжаться. В частности, будут изучаться возможности использования термальных вод из скважин, которые находятся в Припятском прогибе в районе Светлогорска.

Кроме использования геотермального тепла напрямую в последние годы во многих странах, в том числе и в Беларуси, стали применять тепловые насосы, в которых используется низкопотенциальная тепловая энергия с температурой 4 - 6 градусов °C и выше.

Что же касается использования в Беларуси геотермальной энергии для производства электроэнергии, то мнение специалистов, изучавших такую возможность, крайне скептическое ввиду отсутствия потенциальных источников на территории Беларуси.

Источники геотермальной энергии по классификации Международного энергетического агентства делятся на 5 типов.

1. Месторождения геотермального сухого пара. Они сравнительно легко разрабатываются, но довольно редки. Тем не менее, половина всех действующих в мире ГеоТЭС использует тепло этих источников.

2. Источники влажного пара (смеси горячей воды и пара). Они встречаются чаще. При их освоении приходится решать вопросы предотвращения коррозии оборудования ГеоТЭС и загрязнения окружающей среды (удаление конденсата из-за высокой степени его засоленности).

3. Месторождения геотермальной воды (содержат горячую воду или пар и воду).

4. Сухие горячие скальные породы, разогретые магмой (на глубине 2 км и более). Их запасы энергии наиболее велики.

5. Магма, представляющая собой нагретые до 1300 °С расплавленные горные породы [3].

В исследовательских работах БелНИГРИ показано, что подобных месторождений в Беларуси не обнаружено[4].

В то же время, поскольку существует физическое явление теплового потока, не угасает оптимизм для разработки новой технологии, которая позволила бы использовать это явление для производства электроэнергии в условиях имеющихся в Беларуси ресурсов. Идея такой технологии основана на циркуляции рабочего тела в замкнутом контуре нисходящего и восходящего трубопровода под действием разности плотностей паровой и жидкой фаз этого тела. Источником такой циркуляции служит теплота недр земли, испаряющая вещество рабочего тела, и паровой двигатель, конденсирующий это вещество. Учитывая большое разнообразие веществ в природе, которые имеют различные термодинамические характеристики, можно утверждать, что для любых геотермальных условий можно подобрать вещество рабочего тела для получения механической энергии от теплоты недр Земли с использованием предложенного способа [7].

ЛИТЕРАТУРА

1. Русан В.И., Кузьмич В.В. Состояние и перспективы развития электрификации сельского хозяйства: Обзорная информация. – Мн.: Бел НИИТИ и ТИН Госплана БССР, 1989.
2. Русан В.И., Короткевич М.А. Комплексное использование возобновляемых источников энергии: Монография. – Мн.: Институт энергетики АПК НАН Беларуси, 2004.
3. http://www.pomreke.ru/energy-future/energy_source.php?menu_id=4
4. Зуй В.И. Структура теплового поля платформенного чехла Беларуси: Автореферат диссертации на соискание учёной степени доктора геолого-минералогических наук. Минск. 2007.
5. Русан В.И., Энергосберегающие технологии и оборудование в системах энергообеспечения АПК: анализ. докл./В.И.Русан.- Минск:Белинформпрогноз, 1996.
6. Коваленко Э.П. Возобновляемые источники энергии и возможности их использования в Беларуси.- Минск: Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов, 1995.
7. Касаткин Н.П. Способ получения механической энергии от теплоты земных недр. Заявка на изобретение №а20070384.

ВЛИЯНИЕ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ РЕЧНЫХ БАССЕЙНОВ (НА ПРИМЕРЕ Р. ВИЛИИ)

Савенок Е.И.

*Международный государственный экологический университет им. А.Д. Сахарова
г. Минск, Республика Беларусь*

Создание водохранилищ путем строительства плотин в долинах равнинных рек для целей гидроэнергетики приводит к значительным изменениям окружающей среды как в верхнем, так и в нижнем бьефе гидроузлов: затопляются и подтопляются земли, размываются берега нового водоема, изменяется микроклимат, гидрологический режим реки, др. Это неблагоприятно сказывается на экосистемах рек:

- плотины преграждают пути миграции проходных и полупроходных видов рыб (осетровых, лососевых и др.);
- изменение водного режима ведет к нарушению условий нереста рыб, переосушению пойменных лугов и падению урожайности трав, что нарушает экологические условия для воспроизводства водных и околотовных животных;
- изменение термического режима в зимний период вследствие поступления из водохранилища теплой воды приводит к формированию полыньи и изменяет микроклимат, а в летний период сброс холодных вод ведет к изменению нерестовых температур, а также условий рекреации для населения [1]

В настоящее время в Беларуси проводится энергетическая политика создания устойчивой системы энергообеспечения с использованием возобновляемых ресурсов, включая гидроэнергоресурсы. Планируется сооружение гидроэлектростанций на реках Днестр, Неман, Западная Двина и их притоках. При проектировании водохранилищ следует оценивать и учитывать их возможное влияние на окружающую среду и его масштабы.

В Беларуси крупнейшим является Вилейское водохранилище частично многолетнего регулирования, годом создания которого считается 1975 г. Его площадь составляет 75 км^2 , объем - 260 млн. м^3 . Максимальная высота земляной плотины - $16,3 \text{ м}$, напор $12,0 \text{ м}$. На водохранилище действует ГЭС.

Автором выполнена оценка влияния Вилейского водохранилища на водный, термический, ледовый, гидрохимический режимы р. Вилии, микроклимат прилегающей к водохранилищу территории, а также оценка возможности влияния изменений на экосистемы поймы. Использовались методы построения связи гидрологической величины в створах выше (Стешицы) и ниже (Вилейка, Залесье и Михалишки) водохранилища до и после его создания путем корреляционно-регрессионного анализа 60-летнего ряда наблюдений; построения кривых вероятности (обеспеченностей) гидрологической величины до и после создания водохранилища в створах ниже водохранилища. Эти методы позволили учесть природные колебания характеристик и выделить антропогенную составляющую [2-4]. В результате проведенного анализа выявлены изменения как в верхнем, так и в нижнем бьефе на расстоянии более 100 км ниже по течению вплоть до границы с Литвой.

Изменение внутригодовых значений расходов и уровней в створах ниже водохранилища отражает характер регулирования: пики весеннего половодья и осенних паводков срезаны, распределение стока по месяцам сглаженное.

В Вилейке ($4,5 \text{ км}$ ниже водохранилища) снижение величины годового стока составило 28% от нормы стока, в Михалишках (130 км) - 15% . Для максимальных расходов воды в этих же створах снижение составило 70% и 35% соответственно. С увеличением расходов воды в створах изменения проявляются в меньшей степени. Продолжительность половодья (Вилейка) уменьшилась на 12 дней (29%).

В Вилейке снижение величины среднегодового уровня составило 44% , в Михалишках - 14% . В период половодья снижение уровня ведет к снижению частоты выхода воды на пойму и продолжительности ее затопления. Так, в районе г. Вилейки за последние 15 лет пойма затоплялась 9 раз в характерное для половодья время, в то время как до 1973 г. она затоплялась ежегодно.

Выявлено тепляющее действие водохранилища в летние, осенние и зимние месяцы (август - март), а в весенне-летний период (апрель-июль) - охлаждающее. По длине реки, до 25 км ниже плотины, наблюдается неустойчивый ледостав, в то время как до строительства водохранилища на этом участке ледостав длился, в среднем, 108 дней (с ноября-декабря по март-апрель). Отмечается уменьшение максимальной толщины льда на расстояниях более 100 км , время вскрытия реки сместилось с апреля на март, снизилась продолжительность периода с ледовыми явлениями и ледоставом.

Влияние на химический сток реки выразилось в снижении содержания железа, фосфатов и нитратов, в повышении БПК, содержания аммонийного и нитритного азота.

Выявлено влияние на температурный и влажностный режим воздуха прилегающей к водохранилищу территории. Среднегодовая температура, повысилась на $0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$, в январе - апреле - на $1,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$, в июле - на $1,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Относительная влажность воздуха изменилась не очень сильно, так в январе отмечено ее повышение на 2% , в июне - июле - на 5% .

Таким образом, на гидроэкологический режим р. Вилии оказывают ощутимое влияние как природные особенности нового водоема (природ водной поверхности и объема воды, дополнительное испарение, отличающийся термический, гидрохимический режим, др.), так и режим его эксплуатации, что необходимо учитывать при создании средних русловых водохранилищ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фашевский, Б.В. Основы экологической гидрологии / Б.В. Фашевский - Минск: Экоинвест, 1996. - 240 с.
2. Государственный водный кадастр. Раздел I. Сер. 2 - Т 3 БССР. ч. 1, ч. 2, Вып. 5. - Л., 1978 - 2004
3. Гидрологический ежегодник. Т. 3. Вып. 5 Бас. Балтийского моря. - Л., 1939 - 1977.
3. Гидрохимический бюллетень. - Мн., 1966 - 1982.

УДК: 551.521.1; 620.91

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ СОЛНЕЧНОГО ВОДОНАГРЕВАТЕЛЯ ПРИ ПРИНУДИТЕЛЬНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ

Севернев М.М. д.т.н., Башговой В.Г. д.т.н., Кузьмич В.В. д.т.н., Червинский В.П. к.т.н.

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

Солнечная энергия является одной из самых доступных и экологически чистых. Традиционно в настоящее время для условий Республики Беларусь рассматривается два способа использования солнечной энергии:

- преобразование солнечной энергии в тепловую энергию [1,2];
- преобразование солнечной энергии непосредственно в электрическую энергию при помощи фотовольтаических систем (PV-систем).

Для природно-климатических условий Республики Беларусь, характерных небольшим приходом солнечной радиации [3], особую актуальность приобретает повышение энергоэффективности работы самих приемников солнечной энергии: солнечных воздушных и водонагревателей, гелиоколлекторов, концентраторов солнечной энергии, солнечных фотовольтаических PV- систем и т.д.

Как известно, существуют две схемы циркуляции теплоносителя, применяемые для солнечных водонагревательных устройств: с естественной и с принудительной циркуляцией. Солнечные водонагревательные устройства с естественной циркуляцией наряду с простотой контура имеют и отрицательные стороны, связанные с тем, что расход жидкости в них полностью определяется интенсивностью солнечного излучения, а также теплотехническими и гидравлическими характеристиками солнечного коллектора, бака-аккумулятора и соединительных трубопроводов.

Для принудительной циркуляции актуальны факторы повышения энергоэффективности путем регулирования потока жидкости по мере ее прогрева. На практике эффективное регулирование потока теплоносителя может осуществляться различными способами: путем периодического включения и выключения насоса, плавным изменением производительности насоса путем изменения скорости вращения его двигателя.

Первый способ является более простым и доступным. Для его осуществления необходимо знание принципов регулирования на основе динамических характеристик солнечного водонагревателя.

Для определения динамических характеристик солнечного водонагревателя запишем уравнение его теплового баланса:

$$C_m \cdot d(t_m - t_c) + C_{\text{воды}} \cdot d(t_c - t_c) + (A - A_{\text{потери}})(t_m - t_c) \cdot dt = Q \cdot dt \quad (1).$$

где C_m — теплоемкость солнечного водонагревателя, кал/град;

$C_{\text{воды}}$ — теплоемкость воды, кал/град;

t_m — температура солнечного водонагревателя, °С;

t_w — температура воды, °C;

t_o — температура окружающего воздуха, °C;

A — теплопередача от Солнца к солнечному водонагревателю, кал/(с град);

$A_{\text{потери}}$ — снижение теплопередачи вследствие облачности, ветра и т.д., кал/(с град);

Q — мощность солнечного нагрева, кал/с.

Поделим обе части уравнения (1) на $(A - A_{\text{потери}})dt$, причём $t_w = t_o$:

$$\frac{(c_w + c_{\text{пан}}) \cdot d(t_w - t_o)}{(A - A_{\text{потери}})dt} + \frac{(A - A_{\text{потери}})d(t_w - t_o)}{(A - A_{\text{потери}})dt} = \frac{Q \cdot dt}{(A - A_{\text{потери}})dt} \quad (2)$$

Получим

$$T_1 \cdot \frac{d(t_w - t_o)}{dt} + (t_w - t_o) = k_1 Q, \quad (3)$$

где $T_1 = \frac{(c_w + c_{\text{водны}})}{(A - A_{\text{потери}})}$ — постоянная времени солнечного водонагревателя;

$k_1 = \frac{1}{(A - A_{\text{потери}})}$ — коэффициент передачи тепловой энергии от Солнца к солнечному

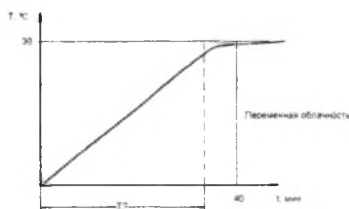
водонагревателю, (с град)/кал.

Мощность нагрева Q — является входной величиной для солнечного водонагревателя, а изменение температуры воды на выходе $(t_w - t_o)$ — это выходная величина.

Обозначим $Q = X_{\text{вх}}$, $(t_w - t_o) = X_{\text{вых}}$, тогда $T_1 \frac{dx_{\text{вых}}}{dt} + x_{\text{вых}} = k_1 x_{\text{вх}}$ или

$$(T_1 \cdot p + 1)x_{\text{вых}} = k_1 x_{\text{вх}}.$$

$W(p) = \frac{x_{\text{вых}}}{x_{\text{вх}}} = \frac{k_1}{T_1 \cdot p + 1}$, т.е. солнечный водонагреватель является аperiodическим звеном первого порядка.



Следует отметить, что при увеличении интенсивности солнечного нагрева возрастает температура воздуха t_o и снижаются потери A_o , что приводит к возрастанию максимальной температуры воды, отдаваемой солнечным водонагревателем, а также сокращению времени нагрева воды до этой максимальной температуры.

Для исследования скорости нарастания температуры в реальных условиях была изготовлена действующая модель солнечного водонагревателя, представляющего собой три стальные штампованные солнечные панели суммарной площадью нагрева $1,8\text{ м}^2$ и вместимостью 12 литров. Исследования показали, что при переменной облачности, отсутствии ветра, температуре окружающего воздуха $+17^\circ\text{C}$ и начальной температуре воды $+10^\circ\text{C}$ по прошествии времени 30 минут температура воды на выходе солнечного водонагревателя составила $+30^\circ\text{C}$.

Замеры повторили в ясный солнечный день при отсутствии ветра, когда температура окружающего воздуха составила $+28^\circ\text{C}$. По прошествии 15 минут температура воды на

выходе солнечного водонагревателя составила $+60^{\circ}\text{C}$ (рис.1). При наличии облачности, вследствие уменьшения интенсивности солнечной радиации и увеличения потерь тепла, время достижения максимальной температуры увеличивается до 40 мин и более, а граница достижения максимальной температуры смещается вниз до 30°C и ниже (рис.2).

Повышение энергоэффективности солнечного водонагревателя с принудительной циркуляцией заключается в получении максимального количества максимально горячей воды за минимальное время при минимальном расходе электроэнергии на привод насоса. Для того, чтобы получить максимально возможное количество горячей воды за минимальное время необходимо оптимизировать моменты включения и выключения двигателя насоса, подающего холодную воду в солнечный водонагреватель. Допустим, что насос полностью заполняет солнечный водонагреватель свежей холодной водой за время $T_{\text{заполн}}$ и за это же время вся нагретая вода вытесняется в бак-накопитель. Время нагрева воды в солнечном водонагревателе для ясного дня - T_1 и для переменной облачности T_2 . Очевидно, что время между включениями насоса будет определяться приходом солнечной радиации и варьироваться от T_1 до T_2 , а время работы насоса будет равно времени $T_{\text{заполн}}$.

Энергоэффективный закон регулирования работой циркуляционного насоса будет заключаться в чередовании времени пауз (T_1 до T_2) и времени работы насоса $T_{\text{заполн}}$. Для формирования изменяющейся времени паузы от T_1 до T_2 времязадающая цепочка в генераторе импульсов включения насоса должна содержать датчик температуры воды и датчик интенсивности солнечной радиации. Датчик температуры воды, например, может быть выполнен на терморезисторе и датчик интенсивности солнечной радиации (датчик освещенности) – на фоторезисторе. Блочная схема управления циркуляционным насосом представлена на рис. 3.



Рис.3

Выводы

1. Доказано, что солнечный водонагреватель представляет собой аperiodическое звено первого порядка.
2. На действующей модели солнечного водонагревателя определены постоянные времени для условий переменной облачности и ясного солнечного дня.
3. Определен оптимальный закон регулирования моментами включения и выключения насоса принудительной циркуляции воды для солнечного водонагревателя.

ЛИТЕРАТУРА:

1. С.В.Конев, Е.Ю.Ивашенко. Особенности создания гелиотеплотехнических устройств для Беларуси. Мн.2007, 51с.
2. Даффи Дж., Бекман У.А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии /пер.с английского под.ред. Ю.А.Малевского; М.:Мир,1977, 420 с.
3. Справочник по климату СССР. Выпуск 7. Л. Гидрометеиздат, 1966, 67 с.

ФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ГРАНУЛИРОВАННОГО ТОПЛИВА ПРИ УТИЛИЗАЦИИ КАРТОННОЙ УПАКОВКИ

Севернев М.М.д.т.н., д.т.н. Кузьмич В.В., д.т.н. Баштовой В.Г., Янкевич С.Н.

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

Основой предложенной технологии является параметрическая обработка измельченных отходов картонной упаковки с последующим прессованием в матричном грануляторе.

После предварительной сушки сырье поступает в колонну параметрической обработки. Если в сырье еще присутствуют остатки влаги, то на начальной стадии водяной пар конденсируется на сырье при температуре насыщения, при этом конденсат впитывается в сырье. Количество конденсата соответствует тепловой энергии, которую необходимо подвести в сырье, чтобы прогреть его до температуры насыщения. После этого конденсация прекращается, и за счет подводимого с перегретым паром тепла происходит полное удаление влаги из сырья. Дальнейший нагрев сырья начинается с момента, когда влажность становится нулевой.

С повышением температуры начинается термическая деструкция сырья, сопровождающаяся поглощением тепла и выделением продуктов разложения. Это явление начинается уже при температуре 150°C, и с повышением температуры эндотермический эффект увеличивается, так как возрастает масса продуктов, выделяющихся из сырья.

После паровой обработки сырье поступает в матричный гранулятор, где происходит прессование в гранулы.

Пар, остающийся после термической обработки сырья, а также летучие составляющие деструктурированных веществ используются для предварительной сушки исходного сырья.

Теплообмен при течении перегретого пара через слой сырья можно представить как процесс передачи тепла от однофазной жидкости, движущейся через дисперсную среду, которая характеризуется средним размером сферических частиц (отклонение от сферической формы обычно учитывается параметром формы). Перепад давления, необходимый для течения жидкости с заданной скоростью через дисперсную среду, определяется законом Дарси

$$P_{\text{вх}} - P_{\text{вых}} = \frac{\mu_n}{K} \cdot H_{\text{слоя}} \cdot V_n \quad (1)$$

где $P_{\text{вх}}$, $P_{\text{вых}}$ – давление пара на входе и выходе слоя, μ_n – динамическая вязкость пара, K – проницаемость слоя, $H_{\text{слоя}}$ – высота слоя, V_n – скорость фильтрации.

В связи с использованием закона Дарси для описания процесса течения пара через дисперсные материалы возникает необходимость в определении коэффициента проницаемости. Дело в том, что при деструкции сырья возникает многофазная фильтрация, при которой проницаемость начинает зависеть от многих параметров процесса. Однако для инженерных расчетов в широком диапазоне температур (до 180°C), когда вклад деструктурированных веществ в поток пара не слишком велик, можно ограничиться величиной коэффициента проницаемости равной $K=10^{-9} \text{ м}^2$

коэффициент теплообмена между частицами сырья и потоком пара можно определить из

$$N_n = 0.58 \text{ Re}^{1,65}, \quad (2)$$

$$N_n = \frac{\alpha \cdot d_n}{\lambda_n} \cdot \text{Re} = \frac{V_n \cdot d_n}{\nu_n}$$

где

α – коэффициент теплоотдачи, d_n – средний диаметр частиц, λ_n и ν_n – коэффициенты

теплопроводности и кинематической вязкости пара.

Эти соотношения позволяют оценить минимальное время, необходимое для достижения частицами опилок определенной температуры. Тепло, передаваемое от потока перегретого пара к поверхности частиц, внутри частиц распространяется теплопроводностью. Известно, что скорость распространения тепла внутри сферической частицы определяется критерием Био

$$Bi = \frac{\alpha \cdot d_c}{\lambda_p}$$

При $Bi < 0,1$ в любой момент времени температура во всех точках каждой частицы одинакового и ее изменение во времени подчиняется уравнению [1]

$$Q = \frac{T_c - T_n}{T_0 - T_n} = \exp\left(-\frac{6\alpha \cdot \tau}{p_c \cdot c_c \cdot d_c}\right) \quad (3)$$

где T_c - переменная во времени температура частицы, T_n - температура водяного пара, T_0 - начальная температура частицы, p_c и c_c - плотность и теплоемкость материала частицы, τ - текущее время.

Рассчитаем время прогрева частицы диаметром 5 мм, нагреваемой паровым потоком со скоростью фильтрации 1м/с и температурой 180°C.

Коэффициент теплообмена можно рассчитать из (3)

$$\alpha = 0,58 \cdot \frac{\lambda_p}{d_c} \cdot Re^{0,65} \quad (4)$$

$$\alpha = \frac{40,1 \cdot 10^{-3} \cdot 0,58}{5 \cdot 10^{-3}} \cdot \left(\frac{1 \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{2,1 \cdot 10^{-5}}\right)^{0,65} \quad (5)$$

Отсюда $\alpha = 4,64 \cdot 238^{0,65} = 143 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{С}$.

Время прогрева частицы от начальной температуры $T_0=100^\circ\text{C}$ до температуры $T_c=150^\circ\text{C}$ определим из (3)

$$\tau = \frac{p_c \cdot c_c \cdot d_c}{6 \cdot \alpha} \cdot \ln \left| \frac{T_c - T_n}{T_0 - T_n} \right| \quad (6)$$

Для $p_n=500 \text{ кг/м}^3$, $c_c=1,7 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}^\circ\text{C}$ отсюда следует

$$\tau = -\frac{500 \cdot 1,7 \cdot 10^3 \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{6 \cdot 143} \cdot \ln \frac{180 - 150}{180 - 100} \approx 6 \text{ сек} \quad (7)$$

т.е. время термообработки отдельной частицы очень мало, из чего следует, что время термообработки сырья в колонне не будет лимитироваться межфазным теплообменом, а будет определяться скоростью подвода тепла и скоростью продвижения сырья в колонне.

Гранулирование отходов картона, как материала без адгезии (собственной силы сцепления), требует особой силы прессования, большой силы проталкивания в силу трения, что приводит к перегреву матриц, увеличению нагрузок на узлы гранулятора. В первую очередь выходят из строя подшипники роликов, узлы крепления матриц, ось гранулятора и т.д. Из-за излишних нагрузок в каналах прессования даже импортных матриц снижается производительность гранулятора, при этом затраты на электрическую энергию и ремонт серьезно снижают рентабельность производства. [2]

Для большей части случаев выходом из данной ситуации можно считать использование пара с температурой 125-160°C для обработки сырья непосредственно перед прессованием. Действие пара заключается главным образом в том, что уменьшается выделение тепла за счет трения, развивающегося в матрице – пар действует на обрабатываемый продукт как смазка. Благодаря этому увеличивается производительность гранулятора и срок службы матрицы и роликов.

Влагу при увлажнении паром легче удалить в процессе изготовления гранул и при последующем охлаждении. Гранулы, изготовленные с использованием пара, более однородны по структуре и внешнему виду, имеют большую прочность и стойкость.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.Г. Касаткин. Основные процессы и аппараты химической технологии. Издательство «Химия» Москва. 1977 г., 784 с.

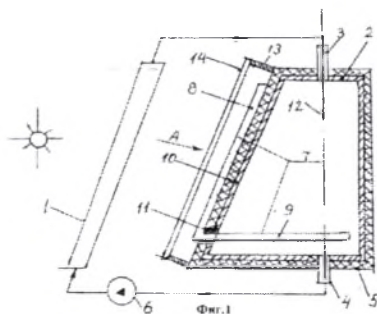
2. В.В. Кузьмич, В.А. Цедик. Энергетический рециклинг биомассы. Материалы международной научно-технической конференции, Минск 2001 г., стр. 306-308.

УДК 620.92

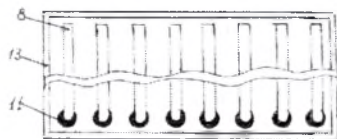
ГЕЛИОВОДОНАГРЕВАТЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА

Сняиков А.Л., канд. тех. наук, доцент

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



Фиг. 1



Фиг. 2

Установка предназначена для нагрева энергией солнца воды, которая используется для бытовых нужд и в производственных процессах.

Установка содержит основной проточный приемник солнечного излучения, который выходом и входом через циркуляционный насос присоединен соответственно ко входу и выходу бака для воды.

Для ускорения процесса нагрева воды в баке установка снабжена дополнительным приемником с тепловыми фитильными трубами, испарительными участками которых расположены с светопрозрачным корпусом, прикрепленным к стенке бака, обращенной к солнцу, а конденсационные — в нижней зоне бака для воды.

Дополнительный приемник солнечного излучения увеличивает тепловую мощность установки, в результате чего сокращается время нагрева воды в баке.

Усовершенствованная конструкция гелиоводонагревательной установки изображена на фиг. 1 и фиг. 2.

Гелиоводонагревательная установка содержит приемник 1 солнечного излучения, емкость 2 для воды с входным 3 и выходным 4 патрубками, сверху которой расположен слой теплоизоляции 5, насос 6, ко входу и выходу которого присоединены соответственно выходной 4 и через приемник 1 входной 3 патрубки емкости 2.

Гелиоводонагревательная установка снабжена фитильными тепловыми трубами 7 с испарительными 8 и конденсационными 9 участками, а теплоизолированная емкость 2 для воды выполнена в виде теплоизолированного бака с прямоугольным поперечным сечением, в левой продольной, обращенной к солнцу, стенке 10 которого в нижней зоне выполнены отверстия 11 и она наклонена в сторону центральной оси 12 бака. Тепловые трубы 7 установлены и закреплены в отверстиях 11 стенки 10 так, что их испарительные и

конденсационные участки 8, 9 расположены соответственно на поверхности левой стенки 10 и в нижней зоне бака.

Для уменьшения потерь тепловой энергии, в которую преобразуется солнечное излучение, падающее на испарительные участки 8 тепловых труб 7, в окружающую среду установка дополнительно снабжена стенками-бортиками 13, и светопрозрачной крышкой 14, при этом стенки-бортики 13 установлены и прикреплены по всему периметру поверхности левой стенки 10 перпендикулярно к ее поверхности, сверху которых расположена светопрозрачная крышка 14.

Для повышения коэффициента преобразования солнечного излучения в тепловую энергию поверхности испарительных участков 8 тепловых труб 7 окрашены в черный цвет, при этом левая продольная стенка 10 наклонена на 45-60° в сторону центральной вертикальной оси 12 бака.

Теплоизолированный бак для воды выполнен с прямоугольным поперечным сечением, в результате чего площадь левой продольной, обращенной к солнцу, стенки 10 больше площади поперечной стенки бака в 3...4 раза. Это позволяет разместить на ее поверхности большое количество испарительных участков 8 тепловых труб, преобразующих солнечное излучение в дополнительную тепловую энергию, идущую на нагрев воды, в результате чего увеличивается теплопроизводительность установки, а, следовательно, сокращается время нагрева воды до требуемой температуры.

Гелиоводонагревательная установка работает следующим образом.

Насос 6 через патрубков 4 забирает холодную воду из нижней зоны бака и подает через приемник 1 солнечного излучения, входной патрубок 3 в бак. При этом вода в приемнике нагревается тепловой энергией, полученной в результате преобразования приемником 1, падающего на него солнечного излучения.

Дополнительный нагрев воды в баке осуществляется конденсационными участками 9 тепловых труб 7, испарительные участки 8 которых преобразуют падающее на них солнечное излучение в тепловую энергию, которая при помощи пара промежуточного теплоносителя, находящегося в трубках, переносится в конденсационные участки 9 тепловых труб. В конденсационных участках, расположенных в холодной воде бака, пар конденсируется, отдавая тепловую энергию воде и при помощи фитилей возвращается в испарительные участки тепловых труб. Далее процесс повторяется.

Конструкция гелиоводонагревательной установки защищена патентом на полезную модель BY 5410 МКП F24J2/00, 2/38, 2009

УДК 621.313

ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ

Сычик В.А., докт. техн. наук, профессор

УО "Белорусский национальный технический университет"

г. Минск

Русан В.И., докт. техн. наук, профессор

УО "Белорусский государственный аграрный технический университет"

г. Минск

Подгайский Г.Д., к.т.н., доцент

УО "Минский государственный политехнический колледж"

г. Минск

Разработка новых типов ветроэлектрических энергоустановок – возобновляемых источников энергии является актуальной проблемой, решение которой существенно повысит энергетический потенциал РБ. Используемые в эксплуатации электростанции включают в свой состав поворотную платформу, ветродвигатель, ветроколесо, электрогенератор [1-3].

Недостатками такого типа электростанций являются невысокие коэффициент использования энергии ветра и генерируемая электрическая мощность, нестабильность генерируемой ЭДС.

Нами создана конструкция ветроэлектрической станции, которая обладает высокими коэффициентом использования энергии ветра и генерируемой мощностью.

Ветроэлектростанция структурно включает вертикальную опору с ее подшипниковым узлом, станину, размещенную на подшипниковом узле. На подшипниках станины установлен в горизонтальном положении центральный вал, который одновременно является ведущим валом ступенчатого редуктора, связанного зубчатой передачей с электрогенератором. На конце центрального вала со стороны воздействия ветра жестко установлено первое ветроколесо, выполненное геликоидным, на обратном конце центрального вала жестко установлено второе ветроколесо. На станине ветроэлектростанции размещен блок управления и на ее основании расположено устройство разворота станины. Вертикальная опора установлена и жестко закреплена на фундаменте.

Станина ветроэлектростанции выполнена из стали и является несущей конструкцией, на которой устанавливаются основные элементы: центральный вал, редуктор, выполненный многоступенчатым, электрогенератор и блок управления. На станине размещены подшипники центрального вала. Станина своим основанием покоится на подшипниковом узле вертикальной опоры и с помощью устройства разворота станины, управляемого блоком управления, может поворачиваться вокруг оси и устанавливать ветроколеса и по направлению ветра. Электрогенератор – это трехфазный генератор с вращающимся ротором, мощность которого определяется размерами ветроколес, минимальной скоростью ветра и находится в пределах 100 кВт ... 1 МВт. Его вал посредством зубчатой передачи связан с многоступенчатым редуктором, коэффициент передачи которого может ступенями изменяться в широком интервале, например от 4 до 100 и более. Главным валом многоступенчатого редуктора является центральный вал, на концах которого закреплены ветроколеса.

Блок управления контролирует скорость вращения ветроколес и при ее изменении в зависимости от интенсивности ветрового потока блок управления изменяет коэффициент передачи многоступенчатого редуктора, поддерживая оптимальной скорость вращения генератора ω и его ЭДС $E = \psi \sin \omega t$, где ψ – магнитопотоксцепление генератора.

Блок управления 10 также управляет устройством разворота станины, обеспечивая разворот ветроколес по направлению ветра.

Первое ветроколесо выполнено геликоидным, поэтому при его вращении поступательный поток ветра преобразуется во вращательный (вихревой). Второе ветроколесо выполнено обычным многолопастным или геликоидным, размещается на центральном валу в зоне максимального завихрения воздушного потока. Расстояние между ветроколесом и ветроколесом по оси центрального вала устанавливается в зависимости от размера лопастей и геликоид ветроколеса, скорости ветра и находится по уровню максимального завихрения воздушного потока.

Вертикальная опора стальная, установлена неподвижно и жестко закреплена на железобетонном фундаменте.

При воздействии ветрового потока на ориентированные в его направлении ветроколеса геликоидное колесо начинает вращаться, создает вращательный воздушный поток, и установленное в зоне максимального завихрения воздушного потока ветроколесо усиливает вращение центрального вала, то есть осуществляет повышение механического момента центрального вала, коэффициента использования энергии ветра, а следовательно и мощность электрогенератора. Блок управления обеспечивает поддержание номинальной частоты генерируемого напряжения в пределах $f = 50 \pm 5$ Гц путем регулирования коэффициента передачи многоступенчатого редуктора 6 и устанавливает ветроколеса по направлению действия ветра. Электроэнергия снимается в нагрузку с электрошита электрогенератора.

Разработан лабораторный макет ветроэлектростанции, который, как показали

результаты лабораторных испытаний, эффективно использует энергию ветра. Созданная ветроэлектростанция, в которой рабочая длина лопасти первого ветроколеса равна 4 м, длина дуги геликоиды 3 м, второе ветроколесо восьмилопастное с длиной лопасти 5 м при скорости ветра $V = 3$ м/с вырабатывает электроэнергию мощностью $P \approx 540$ кВт. Коэффициент использования энергии ветра и КПД ветроэлектростанции в 1,5 раз выше указанных параметров в ветроэлектростанциях-аналогах.

Промышленное освоение предлагаемой ветроэлектростанции возможно на предприятиях электроэнергетики и машиностроения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент России SU 1746052 A1, F03D 3/02, б. № 25, 07.07.92.
2. Патент России SU 16455598 A1, F03D 3/00, б. № 16, 03.04.91.
3. Патент России SU 1787205 A3, F03D 1/00, б. № 1, 07.01.93.

УДК 621.313

ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ, ИСПОЛЬЗУЮЩАЯ ЭНЕРГИЮ МОРСКИХ ВОЛН

Сычик В.А., докт. техн. наук, профессор

УО "Белорусский национальный технический университет"

г. Минск

Русан В.И., докт. техн. наук, профессор

УО "Белорусский государственный аграрный технический университет"

г. Минск

Подгайский Г.Д., к.т.н., доцент

УО "Минский государственный политехнический колледж"

г. Минск

Для использования энергии морских и океанских волн находят применение гидроэлектростанции, в состав которого входят поплавки, кинематически связанные с насосами, соединенными через трубопровод с гидрогенератором, или выполнены в виде накопительного бассейна, который имеет выпускное отверстие, связанное патрубком с гидротурбиной. К недостаткам волноводных электростанций казанной структуры следует отнести: сложность конструкции, сравнительно низкий КПД и неэффективное использование гидродинамических потоков.

Нами разработана конструкция волноводной гидроэлектростанции, которая обладает достаточно простой конструкцией и высоким КПД.

Волноводная гидроэлектростанция (ВГЭС) содержит корпус желобообразного типа, представляющий водовод. Корпус включает зону набега волны, зону накопления водяной массы, зону гидродинамического ускорения воды с соплом. К корпусу ВГЭС примыкает уловитель волны, который подвижно размещен в кожухе с электроприводом на нижней стороне основания корпуса. На верхней стороне основания корпуса установлены волнорезы. Корпус ВГЭС размещен на вертикальных опорах, нижние части которых неподвижно закреплены в основании водоема. Снизу возле сопла размещена гидротурбина, с подшипниками-опорами, на которую воздействует вытекающий из сопла ускоренный водяной поток. Гидротурбина соединена посредством вала с электрогенератором. Водяная волна воздействует на корпус ВГЭС через уловитель волны, нижний край которого размещен на уровне стоячей воды.

При размещении ВГЭС в акватории морского или океанского водоема возникшие водяные волны воздействуют на зону набега волны корпуса-водовода. Обладая большой

кинетической и потенциальной энергией водяные волны перемешают через указанную зону большие объемы и массу воды, которая в процессе продвижения с высокой скоростью по наклонной книзу зоне накопления водяной массы представляет водяной поток, обладающий высокими гидродинамическими свойствами. Результирующая накопленная энергия воды, равная сумме кинетической и потенциальной энергии составит

$$W = \rho gh + \frac{1}{2} \rho v_c^2, \quad (1)$$

где ρ – плотность воды; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения; h – максимальная высота поднятой в зоне накопления водяной массы воды; v_c – скорость водяного потока на выходе из сопла 5.

С учетом уравнения неразрывности струи

$$v_3 S_3 = v_c S_c, \quad (2)$$

где v_3 , v_c – скорости потока воды на выходе зоны накопления водяной массы и выходе сопла 5; S_3 , S_c – сечения корпуса-водовода в зоне накопления и сопла, скорость истечения водяного потока из сопла достигает десятков метров в секунду. Этот поток, обладая огромной суммарной энергией, воздействует на гидротурбину, приводя ее во вращение. Поскольку в пределах зоны накопления водяной массы содержится огромный объем воды, который непрерывно стекает в зону гидродинамического ускорения воды и непрерывно пополняется набегающими волнами воды из зоны набега волны, гидротурбина также непрерывно вращается с заданной скоростью. Вал гидротурбины приводит во вращение ротор электрогенератора с требуемой скоростью, которая при необходимости корректируется редуктором электрогенератора. Изменение размеров набегающей на корпус-водовод водяной волны и уровня стоячей воды фиксируют соответствующие датчики регулирующего устройства, усиленный сигнал от которых обрабатывается электронным измерительным блоком, поступает на исполнительный механизм и осуществляется автоматическая установка уловителя волны на уровень стоячей воды.

В результате реализации корпуса-водовода ВГЭС желобобразной конструкцией в форме экспоненты, который снабжен волнорезами и уловителем водяной волны, причем корпус-водовод включает зону набега волны, реализованную в форме крутой экспоненты, зону накопления водяной массы в форме пологой экспоненты и зону гидродинамического ускорения воды с соплом в форме крутой экспоненты, решается поставленная техническая задача: в сравнении с прототипом и аналогами упрощается конструкция гидроэлектростанции, повышается ее КПД, оптимально используются гидродинамические свойства водяной волны. Сконструированные волноводные гидроэлектростанции можно серийно размещать на морском и океанском прибрежном водоеме на близких расстояниях друг от друга (~ 200...300 м) и получать энергию с таких водоемов гигаваттной мощности.

Создан лабораторный макет волноводной гидроэлектростанции, который, как показали результаты лабораторных испытаний, эффективно использует энергию водяных волн. Созданная ВГЭС, длина корпуса-водовода которой составляет 100 метров, причем зона набега волны длиной 20 метров, зона накопления водяной массы длиной 70 метров и зона гидродинамического ускорения воды с соплом длиной 10 метров, ширина корпуса-водовода со стороны зоны набега волны составляет 100 метров, а со стороны сопла – 56 метров при воздействии водяной волны амплитудой в 1,5 метра позволяет генерировать электроэнергию мощностью 700...900 кВт, при этом ее КПД более чем в 2 раза, превышает КПД электростанций-аналогов.

Промышленное освоение предлагаемой волноводной гидроэлектростанции возможно на предприятиях гидротехнического строительства, энергетики и строительной индустрии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авт. свид. СССР № 1020617, F 03 B 13/12, бюл. № 2, 1983.
2. Авт. свид. СССР № 868094, F 03 B 13/12, бюл. № 36, 1981.
3. Авт. свид. СССР № 750125, F 03 B 13/12, бюл. № 27, 1980.

СПЕКТРАЛЬНО-ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ И НЕЛИНЕЙНО-ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФУЛЛЕРЕНА C_{60} – КОМПОНЕНТА ГЕТЕРОПЕРЕХОДА СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

¹Чернявский В.А. (канд. физ.-мат. наук), ¹Арабей С.М. (доктор физ.-мат. наук),
²Павич Т.А. (канд. хим. наук), ¹Болодон В.Н. (канд. биолог. наук), ¹Дымонт В.П. (канд. физ.-мат. наук, доцент), ¹Бутылина И.Б. (канд. хим. наук, доцент), ¹Полушкина С.И.

¹Белорусский государственный аграрный технический университет
 Минск, Беларусь

²Институт физики им. Б.И.Степанова НАН Беларуси
 Минск, Беларусь

Причиной ограниченной конкурентоспособности экологически чистой солнечной энергетики является высокая стоимость электрической энергии, конвертируемой солнечными элементами (СЭ) на основе Si, соединений A^3B^5 и A^2B^6 (30 ÷ 50 цент/кВт·ч при средневропейской стоимости электроэнергии 5 цент/кВт·ч) [1]. Прорыв к резкому удешевлению солнечных элементов ожидается в области твердотельных тонкопленочных конверторов солнечной энергии на основе гетеропереходов в донорно-акцепторных органических и гибридных органо-неорганических материалах на гибкой полимерной подложке рулонного типа. Сдерживающим фактором является низкая энергетическая эффективность таких СЭ (2 ÷ 4 %), вместо теоретически прогнозируемой – 30 % [2,3]. Увеличить эффективность СЭ позволит создание объемно-распределенных гетеропереходов, одним из компонентов которого будет являться фуллерен C_{60} . Установлено, что наиболее перспективной технологией формирования наноструктурированных гетеропереходов является формирование нанокристаллитов фталоцианина меди в композитной матрице аморфного фуллерена C_{60} в процессе вакуумного соосаждения компонент. Важным этапом при создании гетеропереходов СЭ на основе предлагаемых органических компонентов является всестороннее исследование спектрально-люминесцентных и нелинейно-оптических свойств фуллерена C_{60} в жидких растворах и твердотельных полимерных матрицах, что и явилось целью настоящей работы.

Исследование спектрально-люминесцентных свойств фуллерена C_{60} выполнено в растворе ароматического углеводорода – толуоле, в котором растворимость C_{60} одна из самых высоких, а также в твердотельной матрице тетраэтоксисилана (ТЭОС, матрица получена золь-гель методом). Спектр поглощения фуллерена C_{60} в толуоле при комнатной температуре изображен на рисунке 1а, в ТЭОС гель-матрице – на рисунке 1б. Слабоинтенсивные полосы поглощения в области 650–500 нм соответствуют $S_1 \leftarrow S_0$ переходу, а интенсивная полоса с максимумом при 335 нм – $S_2 \leftarrow S_0$ переходу. Как видно из рисунка 1а, полоса поглощения при 475 нм, типичная для C_{70} , свидетельствует о присутствии незначительного количества данного фуллерена (как примеси) в исследуемом растворе. Спектр флуоресценции фуллерена C_{60} , полученный при возбуждении излучением с $\lambda_{\text{возб}} = 475$ нм, также изображен на рисунке 1а. На основании анализа зеркальной симметрии спектров флуоресценции и поглощения в области $S_1 \leftrightarrow S_0$ переходов можно сделать вывод, что 0–0-полоса $S_1 \rightarrow S_0$ флуоресценции имеет максимум при 621 нм. Внедрение фуллерена C_{60} в ТЭОС гель-матрицу слабо влияет на спектр поглощения фуллерена C_{60} (рисунок 1б).

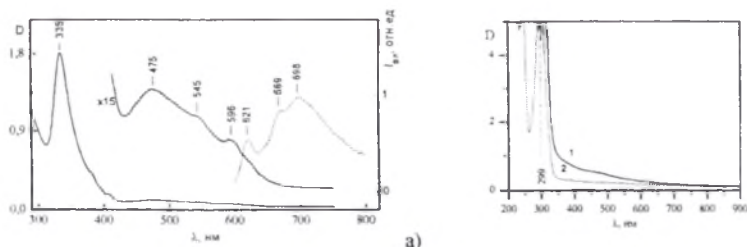


Рис. 1. Спектры поглощения (сплошная) и люминесценции (пунктирная, $\lambda_{\text{возб}} = 475$ нм) фуллерена C_{60} в толуоле (а) и ТЭОС гель-матрице (б) (1 - ТЭОС гель-матрица, полученная из пиридинового раствора; 2 - ТЭОС гель-матрица, полученная из водной суспензии).

Методом пикосекундной лазерной спектроскопии было исследовано наведенное поглощение раствора фуллерена C_{60} в толуоле и в ТЭОС гель-матрице. Возбуждение осуществлялось третьей гармоникой Nd:YAG-лазера ($\lambda_{\text{возб}} = 354$ нм) с частотой 1 Гц и длительностью импульса $\tau_{\text{имп}} = 30$ пс. Зондирование раствора проводилось континуумом белого света, возбуждаемого основной гармоникой Nd:YAG-лазера ($\lambda = 1064$ нм). Пропускание исследуемого раствора регистрировалось ПЗС-матрицей, которая позволяла одновременно фиксировать как опорный, так и исследуемый сигналы в режиме накопления, что значительно увеличивало точность измерений. На рисунке 2 представлены спектры наведенного синглет-синглетного (1) и триплет-триплетного (2) поглощения раствора фуллерена C_{60} в толуоле (рисунк 2а) и ТЭОС гель-матрице (рисунк 2б). Синглет-синглетное поглощение регистрировалось при нулевой задержке зондирующего импульса относительно импульса возбуждения, а триплет-триплетное поглощение – при задержке, равной 7,5 нс. Выбор такой временной задержки (7,5 нс) связан с тем, что время интеркомбинационной конверсии (переход $S_1 \rightarrow T_1$) молекулы C_{60} ($\tau_{ST} \approx 0,6$ нс) значительно меньше этой задержки, а квантовый выход флуоресценции незначителен. Как видно из рисунка 2а, раствор фуллерена обладает слабым синглет-синглетным поглощением в спектральной области 450 – 630 нм. Можно полагать, что широкая полоса поглощения с максимумом при 533 нм соответствует, вероятнее всего, $S_1 \rightarrow S_3$ переходу (в спектре стационарного поглощения имеется очень интенсивная полоса поглощения в области 260–290 нм (на рисунке 1а не показана)). Напротив, в спектре триплет-триплетного поглощения в области 550 – 850 нм наблюдается интенсивная полоса с максимумом при 748 нм. Этой полосе соответствует $T_1 \rightarrow T_n$ переход, т.е. переход на T_n -уровень, лежащий выше T_1 -уровня на ~ 13370 см^{-1} . Как видно из рисунка 2б, в спектре триплет-триплетного поглощения фуллерена C_{60} в ТЭОС гель-матрице в области 650 – 800 нм наблюдается интенсивная полоса с максимумом при 758 нм. Максимум этой полосы смещен относительно соответствующего максимума для раствора примерно на 10 нм. Не исключено, что такая полоса Т-Т-поглощения фуллерена C_{60} (интенсивная и сдвинутая в длинноволновую область) может способствовать повышению эффективности СЭ.



Рис. 2. Спектры наведенного поглощения раствора C_{60} в толуоле (а) и ТЭОС гель-матрице (б) при возбуждении третьей гармоникой Nd:YAG-лазера ($\lambda_{\text{возб}} = 354$ нм, $\tau_{\text{имп}} = 30$ пс)

Уникальные спектрально-люминесцентные свойства наноструктурированной поверхностно-замкнутой углеродной формы – фуллерена C_{60} – относят его к соединению, на основе которого могут быть разработаны новые материалы, имеющие значительные перспективы их использования в электронике, оптоэлектронике и других областях техники. Такие материалы обладают огромным потенциалом оптических приложений, т.е. данное соединение может быть использовано в устройствах по ограничению интенсивного светового излучения видимого диапазона. Более того, выполненные исследования показали, что фуллерен C_{60} в жидком растворе и твердотельной ТЭОС геле-матрице может быть использован в качестве компонента СЭ. Исследования показали, что наиболее перспективной технологией формирования наноструктурированных гетеропереходов СЭ является формирование нанокристаллитов фталоцианина меди в композитной матрице аморфного C_{60} в процессе вакуумного соосаждения компонент.

1. Harnessing Light. Optical Science and Engineering for the 21-st Century / Washington, 1998. – 550 p.
2. J. Plastic Solar Cells. / C. Brabec [et al.] // Adv. Funct. Mater. – 2001. – Voll. 11, № 1. – P. 15-26.
3. Peumans, P. Very-high-efficiency double-heterostructure copper phthalocyanine- C_{60} photovoltaic cells / P. Peumans, R. Forrest // Appl. Phys. Lett. – 2001. – Vol. 79, № 17. – P. 126-128.

УДК 541.16

ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И СПЕКТРАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДНЫХ ФТАЛОЦИАНИНОВ И ПЕРИЛЕНОВ

¹Чернявский В.А. (канд. физ.-мат. наук), ²Шулицкий Б.Г., ¹Арабей С.М. (доктор физ.-мат. наук), ¹Болодон В.Н. (канд. биол. наук), ¹Дымонт В.И. (канд. физ.-мат. наук, доцент), ¹Бутылина И.Б. (канд. хим. наук, доцент), ¹Нехайчик А.А.

¹Белорусский государственный аграрный технический университет

²Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Беларусь

Для решения проблемы ограниченности спектрального диапазона и эффективности светопоглощения донорно-акцепторными компонентами гетероперехода солнечных элементов (СЭ) в последнее время успешно разрабатываются многоуровневые конструкции СЭ на основе комбинации гетеропереходов, эффективно поглощающих в узких спектральных диапазонах, но в совокупности перекрывающих большую часть спектрального диапазона солнечного излучения.

В настоящей работе для создания слоистой архитектуры СЭ последовательно формировались тонкие пленки органических материалов, пригодных в качестве компонент гетеропереходов. Для этого в работе использовались фталоцианин меди ($CuPc$), дибензимидазол-перилен-3,4,9,10-тетракарбоновой кислоты (PTCBI), а также 3,4-полиэтилен-диокситиофен полистиреносульфат (PEDOT:PSS). Были сформированы многослойные тонкопленочные системы и исследованы их фотоэлектрические и спектральные свойства: одноуровневая ячейка СЭ (ячейка № 1) – ITO/PEDOT:PSS/ $CuPc$ /PTCBI/Ag и двухуровневая ячейка СЭ (ячейка № 2) – ITO/PEDOT:PSS/ $CuPc$ /PTCBI/Ag/ $CuPc$ /PTCBI/Ag. Толщина и последовательность слоев ячеек, а также их фотоэлектрические параметры ($I_{кз}$ – ток короткого замыкания, $U_{ох}$ – напряжение холостого хода, и η – интегральная энергетическая эффективность) при освещении модельным источником солнечного излучения AM1.5 ($W = 75 \text{ мВт/см}^2$) представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Толщина (в нм) и последовательность слоев фотовольтаических ячеек.

Номер ячейки	ITO	PEDOT: PSS	CuPc	PTCBI	Ag	CuPc	PTCBI	Ag
1	276,5	56,0	13,3	24,4	275,0	—	—	—
2	296,0	51,0	13,6	25,4	1,5	13,5	25,3	250,0

Таблица 2. Фотоэлектрические параметры ячеек СЭ при освещении модельным источником солнечного излучения AM1,5.

Номер ячейки	$I_{\text{кз}}$, мА/см^2	$U_{\text{хх}}$, В	η , %
1	3,5	0,51	0,76
2	2,6	0,86	1,13

Спектральное распределение тока короткого замыкания $I_{\text{кз}}$ для исследованных ячеек и их спектры поглощения представлены на рисунке 1а и 1б.

Моделирование процессов взаимодействия электромагнитного излучения с исследуемыми ячейками в диапазоне эффективного поглощения донорно-акцепторных компонент CuPc и PTCBI ($400 \div 800$ нм) с учетом интерференционных явлений свидетельствует, что ячейка № 1 способна поглощать порядка 26,5% от энергии солнечного излучения в диапазоне $400 \div 800$ нм. Расчеты показывают, что максимально возможное значение плотности фототока ячейки при освещении модельным источником солнечного излучения AM1,5 с $W = 75 \text{ мВт/см}^2$ в диапазоне $400 \div 800$ нм при 100 %-ной квантовой эффективности преобразования фотон→электрон составит $19,5 \text{ мА/см}^2$. Для ячейки № 1 при 26,5 % поглощении этот параметр соответственно $5,1 \text{ мА/см}^2$.

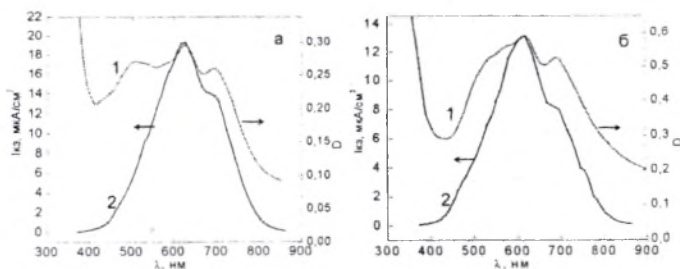


Рис. 1. Спектральное распределение токов короткого замыкания $I_{\text{кз}}$ (кривые 1) и спектры поглощения (кривые 2) ячеек № 1 (а) и № 2 (б).

Полученные значения $I_{\text{кз}}^{\text{№2}} = 3,5 \text{ мА/см}^2$ свидетельствуют об очень высокой интегральной внутренней квантовой эффективности ($\text{IQE} = 68 \%$) ячейки №2 в диапазоне $400 \div 800$ нм. Рассчитанные на основании фотоэлектрических параметров спектральные распределения внутренней и внешней квантовой эффективности (IQE и EQE соответственно) представлены на рисунке 2. Значение $\text{IQE} = 95 \%$ в диапазоне $600 \div 700$ нм (рисунок 2а) свидетельствует, что наиболее эффективно в ячейке № 1 работает слой CuPc, в то время как для области поглощения PTCBI параметры значительно хуже. Значительное падение IQE для двухуровневой ячейки № 2 связано с возрастанием внутреннего сопротивления, но при этом значительно повышается последовательное сопротивление, свидетельствующее о снижении в двухуровневой ячейке рекомбинационных потерь и внутренних проколов на структурных дефектах.

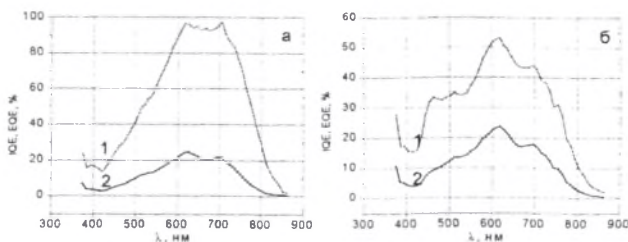


Рис.2. Спектральные распределения IQE (1) и EQE (2) для ячеек № 1 (а) и № 2 (б). Освещение модельным источником солнечного излучения AM1,5.

Высокое значение $\text{IQE} = 95\%$, полученной для ячейки №1 в области поглощения CuPc $600 \div 700$ нм свидетельствует об эффективности процессов формирования тонких пленок CuPc в условиях наведенного молекулярного дипольного момента УФ-возбуждением на резонансных частотах поглощения. В предположении аналогичного повышения внутренней квантовой эффективности в спектральной области поглощения PTCBI ($450 \div 600$ нм) можно говорить о большом потенциале данной донорно-акцепторной пары полупроводниковых фоторезистивных материалов для конструирования высокоэффективных фотовольтаических ячеек с многоуровневой архитектурой гетеропереходов.

Таким образом, в результате проведенных исследований получена высокая интегральная внутренняя квантовая эффективность ($\text{IQE} = 68\%$) в диапазоне $400 \div 800$ нм для одноуровневой ячейки на основе CuPc/PTCBI . Значение $\text{IQE} = 95\%$ в диапазоне $600 \div 700$ нм свидетельствует, что наиболее эффективно в фотовольтаической паре работает слой CuPc (действительный процесс формирования тонких пленок CuPc в условиях наведенного дипольного момента молекул CuPc УФ-возбуждением на резонансных частотах поглощения), в то время как для области поглощения PTCBI параметры значительно хуже. Значительное падение IQE для двухуровневой ячейки связано с возрастанием внутреннего сопротивления и уменьшением последовательного сопротивления.

УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ И ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВЕЩЕСТВ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Бай-лук Н.Д., ст. н.с., Демидков С.В., к.т.н., Занкевич В.А., канд.физ.-мат.наук,
М.Н.Булко, ст.преподаватель, В.В.Лисовский, канд.тех.наук

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

В настоящее время разрабатывается установка, в основу которой положен метод дифференциально-термического анализа (метод ДТА) с одновременной фиксацией потерь веса (массы), измерением электросопротивления [1] и определением химического состава веществ в процессе нагрева до 1000 °С. Для измерения химического состава использован масс-спектрометр.

К основным областям применения установки можно отнести:

- в охране окружающей среды для измерения предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ в различных агрегатных состояниях (элементы и соединения до 250 а.е.м.);
- непрерывного контроля качества газообразных, жидких и органически твердых веществ при технологических процессах;
- изучение фазовых превращений, определение скрытой теплоты фазового перехода, теплоты сгорания различных веществ;
- определение фазового состава продуктов термического пиролиза при утилизации отходов и для других целей.

В установке предполагается две печи и шесть проточных реакторов. Проточный реактор в форме цилиндра изготовлен из термостойкого стекла. Реактор расположен вертикально и помещается в печь. В центре реактора на штоке устанавливается кювета с изучаемым веществом. Шток помещен в трубку и выводится из реактора через нижнюю крышку. На штоке закрепляется обкладка конденсатора переменной емкости. В нижней крышке имеется трубка для подачи инертного газоносителя в реактор. В верхней крышке находится трубка для выхода газообразных продуктов пиролиза вещества с инертным газом в дозатор масс-спектрометра. Наличие 2 печей и шести реакторов позволяет практически непрерывно проводить измерения на установке. Печь с программным управлением может работать с заданной скоростью нагрева или в стационарном режиме.

Горячий спай дифференциальной термометрии погружен в кювету с изучаемым веществом, а второй находится вблизи кюветы (метод ДТА). В кювете находится и термопара для контроля температуры. Размеры печи и реактора выбраны такими, чтобы свести к минимуму градиент температуры на образце. В кювете находятся два электрода с охранными кольцами для измерения электросопротивления.

Для измерения потерь массы использован емкостной метод, основанный на сопоставлении частот (периодов) эталонного генератора и генератора переменной емкости. В начальный момент генератор с переменной емкостью настраивается на частоту эталонного генератора. При изменении массы образца меняется частота (период) генератора с переменной емкостью. Электронный блок собран так, что позволяет автоматически строить температурные зависимости потерь массы. При изменении относительной массы образца на 0.2 включается дозатор масс-спектрометра и определяется химический состав потерь массы.

ЛИТЕРАТУРА

Л.Г.Берг Введение в термографию. – М.: Наука. 1969. – 390 с.

ОЦЕНКА ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И РАСЧЕТ ЭНТРОПИИ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛО- И МАССООБМЕНА ПРИ КОНВЕКТИВНОЙ СУШКЕ

Байлук Н.Д., старший научный сотрудник, Демидков С.В., канд.тех.наук, доцент,
Занкевич В.А., канд.физ.-мат.наук, доцент, В.Ф.Клиникова, ассистент

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

Анализ путей снижения энергозатрат при сушке зерна и оценка экономичности зерносушилок в основном производят по тепловому балансу и термическому КПД ($\eta = Q_1 / Q_n$, где Q_1 – затраты теплоты на испарение влаги, Q_n – суммарные затраты теплоты при сушке зерна) [1, 2]. В данном подходе нельзя оценить, в каких стадиях происходят наиболее значительные потери теплоты, т.е. затрудняет изыскания оптимальных способов осушения данных процессов. Вместе с тем процесс сушки является чисто необратимым, а сушильная установка представляет открытую термодинамическую систему. Многие исследователи предлагали различные методы оценки эффективности тепловых процессов при сушке зерна, основанные на термодинамике необратимых процессов с учетом второго закона, либо использовали эксергический метод [3, 4]. Анализ данных работ показывает, что они взаимодополняют друг друга и позволяют оценить потери потоков тепловой энергии и влаги на каждой стадии процесса сушки.

В работе анализируется термодинамическая эффективность прямоточной зерносушилки модульного типа и рециркуляционной на основе расчета энтропии [3]. За основу оценки эффективности совершенства процессов в данных зерносушилках взята оценка степени их необратимости. На каждой стадии вышеуказанных сушилок определяется увеличение энтропии и приводится анализ путей уменьшения энергетических потерь. В [4] в качестве показателя эффективности вводят отношение потерянной энергии и затраченной.

В заключении следует отметить, что приведенный подход по определению энергетических потерь на сушку зерна дополняет подход, основанный на анализе теплового баланса зерносушилок [1, 2].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Лыков А.В. Тепло- и массоперенос в процессах сушки. – М.: ГЭИ, 1956.
2. Малин Н.И. Энергосберегающая сушка зерна. – М.: Колос, 2004.
3. Гохштейн Д.П. Энтропийный метод расчета энергетических потерь. – М.: ГЭИ, 1963.
4. Эксергический метод и его приложения. – М.: Мир, 1957.

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В МУКОМОЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ НА ПРОЦЕСС ГИДРОТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА

Басюк Е.Н. аспирант, Лисовский В.В., к.т.н., доц.

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

Одним из основных процессов подготовки зерна к помолу, качественно улучшающих его продовольственное использование, является гидротермическая обработка зерна. Под процессом ГТО понимается воздействие на зерно воды и температуры в течение определенного времени. При этом прежде всего стремятся усилить различие свойств оболочек и эндосперма (ядра), что облегчает отделение оболочек, увеличивает выход крупок в дражном процессе и зольность отрубей.[1]

Зерно увлажняют различными способами: добавляют воду в массу зерна, моют его в специальных моечных машинах или обрабатывают паром в особых аппаратах-пропаривателях. Увлажненное зерно прогревают или же проводят последующие этапы процесса при обычной температуре.

Согласно современным представлениям вода в нормальных условиях ($T = 20^\circ\text{C}$, $P = 1$ атм.) и при отсутствии внешних воздействий представляет собой однородную изотропную смесь объемных кластеров, полярных молекул воды и ее амбиполярных радикалов. Объемные кластеры объединяют группы ассоциированных молекул воды, образуемые водородными связями между молекулами воды. Отдельная, свободная, не охваченная водородными связями молекула воды обладает собственным электрическим дипольным моментом и является полярной. Для молекул воды характерно проявление самопроизвольно происходящих в нормальных условиях процессов диссоциации их на амбиполярные радикалы (автопротолиз) и ассоциации этих радикалов с образованием молекулы воды (автогидролиз). Положительный радикал существует в воде в форме гидратированного протона H_3O^+ (ион гидроксония), а отрицательный имеет форму OH^- (ион гидроксила).

Степень диссоциации молекул воды весьма мала. Существование амбиполярных радикалов воды обусловлено разностью в скоростях диссоциации ее молекул на ионы и рекомбинации их в равновесной динамической реакции $2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^-$. [2]

В общем случае рекомбинация радикалов воды может происходить не только прямым актом взаимодействия амбиполярных ионов H^+ , OH^- , но и по схеме замещения.

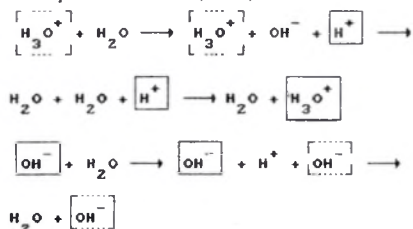


Рисунок 1 - Схема замещения радикалов в молекуле воды.

Возможность такого механизма рекомбинации, сопровождающейся "эстафетным" перемещением заряда, обусловлена полярным характером молекулы воды, имеющей треугольное строение.

Наличие постоянного дипольного электрического момента у молекул воды, водородных связей между ними и существование амбиполярных ее радикалов определяют поведение воды в электромагнитном поле. При наложении поля полярные молекулы воды ориентируются так, чтобы их дипольные моменты были параллельны ему. Это обуславливает высокое значение диэлектрической проницаемости воды $\epsilon = 80$ (при обработке НЧ ЭМИ). [2] Водородные связи между молекулами воды, гибкие, непрочные в нормальных условиях, пространственные в масштабах отдельного тетраэдра, направленно упрочняются в направлении поля и ослабляются или рвутся в противоположном направлении. В результате амбиполярные радикалы воды при наложении внешнего электрического поля начинают мигрировать в противоположных направлениях, параллельных вектору напряженности этого поля.

Воздействие электромагнитного поля на воду меняет ее структуру, делая ее более доступной для поглощения зерном при кондиционировании. При наложении электромагнитного поля, энергия волны преобразуется в кинетическую энергию молекул воды, тем самым ускоряя кондиционирование зерна. Поляризация способствует структурированию воды, формированию ассоциатов ион-дипольного типа с упорядочением водородных связей. Активированная вода находится в неравновесном

метастабильном состоянии. Соотношение стабильных и метастабильных молекул воды предопределяет изменение ее физико-химических свойств. Метастабильная фаза характеризуется развитой сеткой водородных связей, структурным упорядочением молекул. Именно водородные связи позволяют молекулам воды проникать в капиллярно-пористые тела, в частности в зерно[3].

При электромагнитной обработке изменяются электропроводность, величина поверхностного натяжения, плотность, pH, диэлектрическая проницаемость и другие свойства, т.е. происходит временное отклонение потенциальной энергии веществ от термодинамически равновесного значения.

В [4] было изучено влияние обработанной воды низкочастотным электромагнитным излучением на гидратацию семян. Оказалось, что «состояние» воды возникшее от частоты обработки - коррелирует количество поглощенной воды в семенах.

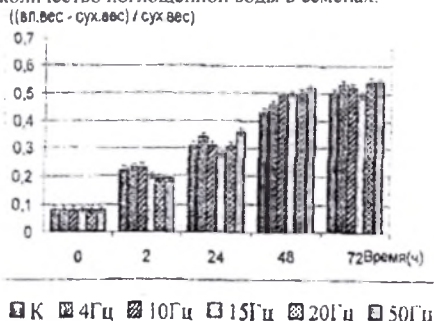


Рисунок 2- Частотно-зависимое изменение гидратации семян инкубированных в НЧ ЭМП обработанной дистиллированной воде при температуре +4°С.

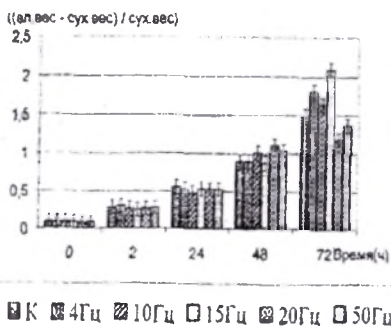


Рисунок 3- Частотно-зависимое изменение гидратации семян инкубированных: в НЧ ЭМП обработанной дистиллированной воде при температуре +20°С.

Также следует обратить внимание на тот факт, что вне зависимости от температуры среды, частотно-зависимое проявление влияния обработанной ДВ, начинается именно после 24-х часового увлажнения зерна.[4]

Очевидно, здесь имеет место воздействие структурных изменений воды на поглощательную способность семян. Как показал анализ полученных данных, эта «доступность» имеет частотно-зависимый характер.

Отсюда можно сделать вывод, что применение обработанной воды в электромагнитном поле способствует интенсификации гидротермической обработки, что позволит сократить

длительность отволаживания продукта с одновременным увеличением выхода муки и улучшением его свойств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Казаков, Е.Д., Карпиленко, Г.П. Биохимия зерна и зернопродуктов К4-СПб.:ГИОРД,2005-512с. . ISBN 5-901065-82-4;
2. Патент 2129530Российская федерация, А01F25/00; А23L3/30; В01J19/10; В02В1/04; В02В1/08; В06В1/02; С02F1/36.Способ гидратации биополимеров/Шестаков С.Д., заявитель и патентодатель ООО 'ASTOR-S' S. Заявл. 03.27.2006; опубл. 10/04/2007;
3. Маренкова, Т.М. Влияние активирования воды электромагнитным полем на ранние стадии развития растений.: автореферат на соискание степени канд. биолог.наук.:03.00.16/Т.М.Маренкова; Воронеж,1998-17с.;
4. Амян, А.М. влияние дистиллированной воды обработанной электромагнитным полем на семена ячменя.: автореферат на соискание степени канд.болог.наук.: 03.00.02/А.М. Амян.- Ереван,2007-23с.

УДК 631.62

ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ ДРЕНАЖА ТЕПЛИЧНЫХ КОМБИНАТОВ ПРОДУКТАМИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ

Боровская В.В., Крутов А.В. к.т.н., доцент

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

Актуальной проблемой на сегодняшний день является вопрос повторного использования дренажа тепличных комбинатов. Сейчас на рынке представлены установки с различными способами дезинфекции дренажных вод с целью их повторного использования: термическим, ультрафиолетовым, инфракрасным, химическим, методом озонирования и др. Наибольшее распространение получили первые два типа дезинфекции.

Существуют определенные споры, какой способ - ультрафиолетовый или термический - оптимален по соотношению «эффективность – экономичность». У ультрафиолетового способа дезинфекции одним из существенных недостатков является то, что качество дезинфекции снижается при использовании непрозрачного раствора, а дренаж в свою очередь практически всегда бывает недостаточно прозрачным, особенно если в качестве субстрата для выращивания применяется торф. Этих ограничений не существует для термического способа дезинфекции. Термический же способ считается более энергоемким. Но все же, на сегодняшний день, «чаша весов склоняется в сторону термического обеззараживания, как наиболее эффективного способа в борьбе с возбудителями болезней. Принцип его основан на том, что дренажная вода нагревается до температуры 85-95°С, затем выдерживается при этой температуре 3 минуты, после чего охлаждается в теплообменнике, предварительно нагревая следующую порцию воды, которая только поступает на дезинфекцию.

Нами проводились исследования по обеззараживанию последражного питающего раствора растений, при их выращивании в теплицах по технологии с малообъемной культурой субстрата, таким продуктом электрохимической активации, как анолит.

Цель этих исследований – снизить себестоимость выращиваемых в теплицах овощей, экологическую нагрузку на окружающую среду, расход энергетических, водных и минеральных ресурсов путем использования для приготвления питательных растворов, обеззараженных электрохимическим способом дренажных вод.

Учитывая достоинства и недостатки описанных методов по обработке вод, загрязнённых бактерицидной микрофлорой, наиболее перспективным является обеззараживание анолитом, полученным из водного раствора NaCl в электрохимическом реакторе.

Для получения анолита слабоминерализованный водный раствор хлорида натрия (5-7 мг/л) был обработан в диафрагменном электрохимическом реакторе. Диафрагма в виде пористой диэлектрической перегородки между электродами реактора препятствует смешиванию объемов воды (растворов) в анодной и катодной камерах, но в то же время обеспечивает ионный обмен между этими объемами. В результате обработки в катодной камере реактора вода насыщается продуктами катодных электрохимических реакций, обычно гидроксидами металлов, образовавшимися из растворенных солей, гидроксид-ионами, водородом. При анодной обработке вода в анодной камере насыщается продуктами окисления, в том числе кислотами, синтезированными из растворенных солей, кислородом, хлором. В нашем опыте концентрация активного хлора в анолите достигала 4250 мг/л, показатель pH анолита, в зависимости от электрического заряда, доводился от 2,5 до 3,5. С учетом того, что поливная вода не должна содержать в своем составе более 50 мг/л хлора [2], полученный анолит разбавляли последенражным питательным раствором в пропорции 1:100. Обеззараживающее действие анолита более эффективным оказалось при больших значениях pH. Наивысшая бактерицидная активность анолита проявлялась в диапазоне pH близких к 7,0. В этом случае концентрации гипохлорит-ионов и хлорноватистой кислоты примерно одинаковы, а расход количества электричества - минимальный. Прямой синтез хлорноватистой кислоты в анодной камере происходит по следующей схеме: $\text{OH}^- + \text{Cl}^- - 2e \rightarrow \text{HClO}$, а гипохлорит-анионов: $\text{Cl}^- + 2\text{OH}^- - 2e \rightarrow \text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O}$.

Общее микробное число (титр КОЕ) в 1 мл приготовленного по вышеизложенной методике питательного раствора было равно нулю уже в течение 1 минуты при концентрации активного хлора 5 мг/л и pH анолита 6,5. При других значениях pH и той же концентрации хлора результаты исследования приведены на рис. 1.

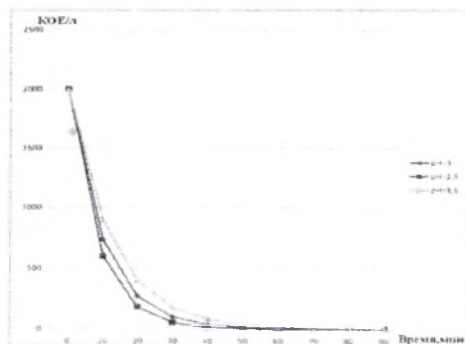


Рисунок 1 – Экспоненциальная зависимость концентрации патогенных микроорганизмов в дренажной воде от времени после обработки анолитом с различным pH.

Активированное состояние продуктов электрохимической обработки слабоминерализованного раствора проявляется в аномальной способности католита и анолита в окислительно-восстановительных реакциях, в их каталитической, биокаталитической активности, в аномальной физико-химической активности при взаимодействиях на границе раздела фаз. При этом изменяются такие параметры раствора, как pH, окислительно-восстановительный потенциал (ОВП), поверхностное натяжение, диэлектрическая проницаемость, электропроводность. Известны три основных фактора, обуславливающие физико-химическую активность анолита и католита [3].

По данным Минской овощной фабрики для полива и подкормки в среднем на одно растение томата, выращиваемого на гидропонике, расходуется в зависимости от периода вегетации 1,5...3,5 л воды в сутки. При этом, в зависимости от условий микроклимата (освещенность, температура, влажность) в дренаже может находиться до 30 процентов минеральных удобрений и микроэлементов, которые пока в Республику Беларусь поступают по импорту за иностранную валюту. На рис. 2 приведены сведения среднесуточного расхода универсальных жидких удобрений на протяжении года (по данным агрокомбината «Ждановичи»).

Ожидаемый экономический эффект обеззараживания дренажа продуктами электрохимической активации и повторного его использования может составить не менее 28900,0 тыс. руб. на 1 га теплиц в год. Срок окупаемости новой технологии, например, на 12 га теплиц – 3,5 года. Внедрение подобной ресурсосберегающей технологии снизит себестоимость производства овощей на 12 процентов, повысит их конкурентоспособность на рынке. При этом снижается степень загрязнения окружающей среды в результате уменьшения сброса в нее дренажных вод тепличных комбинатов. Обеспечивается более рациональное использование водных ресурсов, минеральных удобрений.

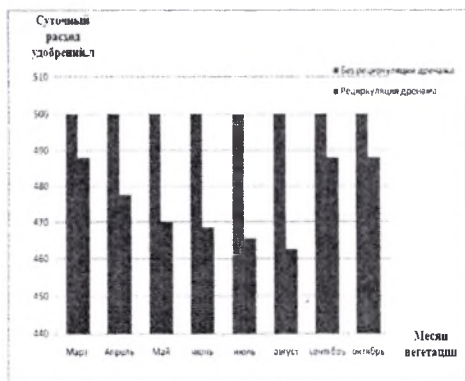


Рисунок 2 – График суточного расхода удобрений с рециркуляцией дренажа в зависимости от месяца вегетации.

Выводы:

1. Наименьшая концентрация патогенных микроорганизмов в последрденажном растворе наблюдается при добавлении анолита pH=2,5.
2. Значительно уменьшается время обеззараживания патогенных микроорганизмов при добавлении анолита pH=2,5 в отработанную воду.
3. Сокращается расход удобрений при рециркуляции дренажа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Крутов, А.В., Бойко, М.А. Обеззараживание сточных вод машинных дворов продуктами электрохимической активации//Перспективы и направления развития энергетики АПК. Материалы междунар. научно-технич. конф. – Мн.: БГАТУ, 2007. – 392 с.
2. Веремейчик, Л.А. Основы питания томатов, выращиваемых в малообъемной культуре. – Мн.: БГАТУ, 2002. – 349 с. ISBN 985-655-219-2
3. Бахир, В.М. и др. Пути создания эффективных и безопасных антимикробных жидких средств и эволюция общественного восприятия дезинфекционных мероприятий// Дезинфекционное дело, №3, 2004. – С 22-26.

СТАБИЛИЗАЦИЯ ЗАГРУЗКИ ДРОБИЛОК И ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕЙ КОРМОВ

Дайнеко В.А., канд. техн. наук, доц., Шаукат И.Н., ст. преподаватель,
Прищепова Е.М., аспирант

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

Производительность большинства дробильных и измельчающих машин регулируют изменением подачи материала в зону дробления, при этом для получения максимальной производительности и предупреждения перегрузок электропривода, дробилки должны работать в режиме автоматической стабилизации.

Системы автоматического регулирования дробилок строятся по принципу поддержания постоянства активной мощности, потребляемой электродвигателем главного привода. При этом обычно контролируют активную составляющую силы тока статора асинхронного электродвигателя. Значение этого параметра поддерживается ПИД-регулятором, который сравнивает текущее значение регулируемой величины с заданным, и при их рассогласовании воздействует на исполнительный механизм заслонки питателя, или на регулируемый электропривод загрузочного шнека.

В существующих системах автоматического управления дробилок не предусмотрен непрерывный контроль плотности и влажности исходного продукта, эти параметры задаются оператором с пульта управления.

Недостатками такого способа регулирования загрузки является сложность, ненадежность и ограниченное быстродействие загрузочного механизма и исполнительных электромеханических устройств.

Перспективным представляется способ регулирования путем непосредственного воздействия на электродвигатель главного привода, но такое направление до недавнего времени не развивалось из-за отсутствия недорогих силовых преобразователей большой и средней мощности (30-100 кВт). В настоящее время, благодаря интенсивному развитию силовой электроники и преобразовательной техники стоимость преобразователей частоты и устройств плавного пуска для асинхронного электропривода быстро снижается.

Применение преобразователей частоты (ПЧ) для таких приводов возможно после проведения технико-экономических расчетов, что касается тиристорных устройств, позволяющих плавно и с большим быстродействием регулировать напряжение на обмотке статора электродвигателя, то их стоимость значительно ниже ПЧ.

Таким образом, большой интерес для стабилизации загрузки дробилок представляет использование относительно дешевых тиристорных устройств, изменяющих напряжение на обмотке статора главного электродвигателя при неизменной (стандартной) частоте питающей сети.

Известно, что путем регулирования напряжения питания асинхронного электродвигателя можно обеспечить не только минимум потерь, но и минимум тока статора и активной потребляемой мощности. Известны различные системы автоматического регулирования, обеспечивающие минимизацию этих величин.

Регуляторы, включаемые между сетью и статором асинхронного электродвигателя, кроме выполнения функций стабилизации и энергосбережения, управляют режимами пуска и торможения, осуществляют диагностику электропривода, его аварийную защиту и в целом повышают технический уровень привода, в том числе надежность.

В электроприводах, не требующих глубокого регулирования скорости, применение таких регуляторов обеспечивает равномерную загрузку асинхронного электродвигателя, его работу на расчетном скольжении и с максимальным коэффициентом полезного действия.

В большинстве случаев рабочие машины работают с недогрузкой, и применение рессатриваемых устройств приводит к экономии 30...40% электроэнергии.

Авторами разработаны устройства управления пуском и загрузкой электроприводов дробилок и измельчителей кормов, измерительные преобразователи тока, активной мощности, влажности исходного продукта. Ведется разработка поточного расходомера зерна, применение которого в системах управления позволит создать системы оптимального управления электроприводами дробилок и плющилок зерна.

Применение предлагаемых технических решений позволит: снизить пусковые токи в асинхронных электродвигателях главного привода дробилок и измельчителей; устранить механические ударные воздействия на электродвигатель и привод в целом; повысить качество дробления и получить экономию электроэнергии на 30...40 %; увеличить срок службы оборудования и устранить перегрузку питающей сети.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.М. Мусин. Электропривод сельскохозяйственных машин и агрегатов. –М.: Агропромиздат, 1985, 239 с.
2. Регулируемые асинхронные электродвигатели в сельскохозяйственном производстве / Под ред. Д.Н.Быстрицкого. – М.: Энергия, 1975
3. Завражнов А. И., Николаев Д. И. Механизация приготовления и хранения кормов. — М.: Агропромиздат, 1990. — 336 с: ил.— (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений).
4. Селезнев А.Д., Хруцкий В.И., Синило А.Е. Исследование нового измельчителя фуражного зерна//Механизация и электрификация сельского хозяйства: Межведомственный тематический сборник: В 2-х т. / Под общ. ред. В.Н.Дашкова.- Минск, УП «БелНИИМСХ», 2003.- Вып.37. – С.36-48.
5. Одегов В.А. Обоснование параметров и режимов работы плющилки влажного зерна: Дис. канд. техн. наук: 05.20.01.-М.: РГБ, 2005. – 187 с.
6. Завражнов А. И., Николаев Д. И. Механизация приготовления и хранения кормов. — М.: Агропромиздат, 1990. — 336 с.
7. Мельников С. В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм — Л.: Колос. Леингр. отд-ние, 1978.— 560 с.
8. Попков Н.А., Самосюк В.Г., Привалов Ф.И. Уборка зерна повышенной влажности на кормовые цели и его плюшение// Белорусское сельское хозяйство, №2, 2007 - С.7-14.

УДК 621.762

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КВАЗИСТАЦИОНАРНЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ ХИМИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ЭЛЕКТРОПРОВОДНЫХ ПОРОШКОВЫХ СМЕСЕЙ

Демидков С.В., канд.тех.наук, доцент, Занкевич В.А., канд.физ.-мат.наук, доцент,
Коротинский В.А., канд.тех.наук, доцент

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

Закономерности взаимодействия магнитного поля с проводящей средой [1-2] обеспечивают возможность использования магнитноимпульсной техники для развития нетрадиционных технологий получения композиционных материалов и изделий из них. Известен способ получения композиционных материалов из химических активных электропроводных СВС - смесей [3], включающий приготовление шихты, инициирование реакции горения, экструзию горячего продукта из матрицы в виде стержня с последующим его индукционным

разогреве в высокочастотным магнитным полем, создаваемым индуктором. В результате чего горячий продукт переходит в жидкотекучее состояние и заполняет форму.

Однако данный способ обладает рядом недостатков:

1. Низкий к.п.д. преобразования энергии магнитного поля индуктора в тепловую энергию, выделяющуюся в объеме экструдированного продукта СВС (при частоте магнитного поля порядка 10^5 Гц толщина скин – слоя составляет величину порядка нескольких миллиметров. Поэтому для стержней с толщиной порядка 1 мм и менее выполняется условие низких частот магнитного поля $R/\delta \ll 1$ [1], где R – радиус стержня. Поэтому мощность тепловыделения составит $(R/\delta)^4$ от плотности энергии магнитного поля в индукторе).

2. Малые скорости движения продукта (скорость заполнения формы лимитировано плотностью силы тяжести продукта) не позволяют получать тонкостенные изделия, а также большой площади вследствие тепловых потерь, неизбежно возникающих при заполнении пресс – формы горячим продуктом.

В данной статье предложен способ получения электронагревательных элементов, из порошковых смесей, включающий приготовление исходной шихты, ее нагрев и инициирование реакции горения шихты [3] проводят в регулируемом температурном интервале. В качестве нагревательного элемента предлагается использовать композиционный материал, полученный СВС – методом (самораспространяющийся высокотемпературный синтез).

Технический результат достигается тем, что в предлагаемом способе получения изделий из композиционных материалов, включающем приготовление исходной шихты, ее нагрев и инициирование реакции горения шихты проводят в регулируемом температурном интервале. Разогрев шихты производят адиабатически путем ввода энергии источника электрической энергии. Температура получения материала находится в интервале, определяемом по формуле $T_c \ll T_\phi < T_{\text{ки}}$, где T_ϕ – температура формования материала, T_c – температура солидуса, $T_{\text{ки}}$ – температура испарения смеси.

Способ осуществляется следующим образом: готовят исходную шихту засыпают ее в пресс – форму. Пресс – форма заполняется шихтой. Пунсон прессы создает постоянное давление в шихте. Коммутатор замыкает электрическую цепь источника. В результате чего в разрядной цепи генерируется ток, который инициирует реакцию горения смеси. Под действием давления пунсона происходит заполнение пресс – формы продуктом реакции. Варьируя величину тока можно универсально изменять фазовый состав продукта реакции синтеза, делая возможным получение продукта магнито-импульсного воздействия в состояниях “твердое тело – жидкость,” “жидкость”. В результате чего осуществляется получение композиционного материала.

Материал нагревательного синтезируется в результате разогрева шихты, представляющего собой смесь горючего (Ti, Al) и окислителя, представляющего собой порошок углерода. В процессе синтеза часть углерода реагирует с горючим, образуя каркас керамики, а часть углерода остается в объеме композита. Масса углерода выбирается экспериментально таким образом, чтобы продукт реакции, композит, представлял собой непроводящий каркас керамики, между звеньями которой расположен в виде взаимосвязанной цепочки частицы углерода. Непроводящий каркас керамики обеспечивает механическую прочность нагревательному элементу. Углеродный порошок, оставшийся после синтеза каркаса обеспечивает электрическую проводимость композита.

Выбор мощности разряда мощного источника электрической энергии (батарея конденсаторов, либо униполярный генератор) осуществляется, исходя из условия, что температура порошковая смесь разогревается до температуры T_ϕ (температуры, при которой продукт обладает достаточной жидкотекучестью, при которой возможно быстрое заполнение формы). Мощность разряда определяется требуемым массовым соотношением жидкой и твердой фаз продукта синтеза. Максимально требуемая мощность разряда определяется из условия $\int^2 R \, \text{d}t = W_{\text{эл}}$, $\bar{I}$ – средний ток, t – время разряда, R – суммарное омическое сопротивление смеси, $W_{\text{эл}}$ – суммарная начальная энергия источника тока.

Характерная плотности величина энергии источника составляет 1 кДж на кубический сантиметр шихты.

ЛИТЕРАТУРА.

1. H.Knoepfel. Pulsed High Magnetic Fields. Amsterdam: North - Holland, 1970.
2. А.С.Лагутин, В.И.Ожогин. Сильные магнитные поля в физическом эксперименте. М: Энергоатомиздат, 1988.
3. В.М. Khusid, В.В. Khina, S.V. Demidkov. Limits of the Self-Propagating High-Temperature Synthesis Wave Propagation in Eutectic Composite Materials. //Journ. of Material Science. 1994, vol.29, N8, pp.2187-2191.

УДК 635.21.077:621.365

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ЭЛЕКТРОКОАГУЛЯЦИИ БЕЛКОВ КАРТОФЕЛЬНОГО СОКА

Дубодел И.Б., к.т.н., доцент

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

Линия электрокоагуляции белков картофельного сока разработана применительно к технологии комплексной переработки картофеля в крахмал.

Основные технологические операции (рисунок 1) включают мойку, взвешивание, измельчение картофеля, выделение картофельного сока и получение картофельной каши, идущей на дальнейшую переработку для получения крахмала, электрокоагуляцию с дальнейшим использованием выделенных белков.

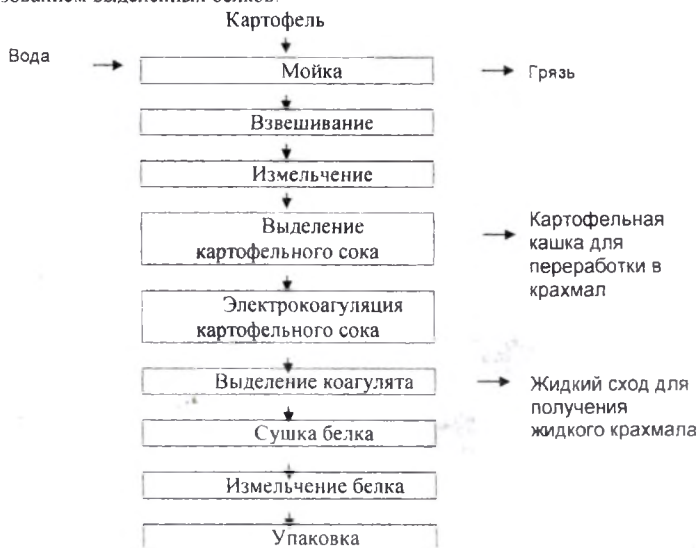


Рисунок 1. Принципиальная технологическая схема электрокоагуляции белков картофельного сока

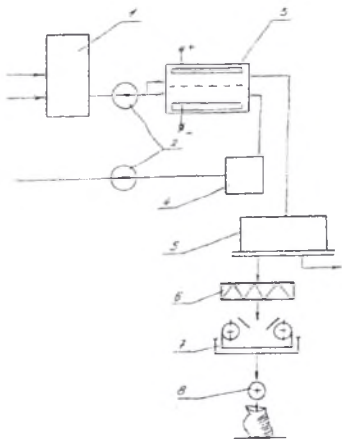


Рисунок 2. Принципиальная схема электрокоагуляции картофельного сока

Технологический процесс электрокоагуляции (рисунок 2) осуществляют следующим образом. Картофельный сок поступает в приемный сборник 1, откуда насосом 2 его перекачивают в электрокоагулятор 3. Обработанный продукт из анодных камер поступает на центрифугу 5 для выделения коагулята.

Получаемый в катодной камере щелочной раствор собирают в емкость 4 и направляют на повторное использование в сборник 1.

Осадок из центрифуги винтовым насосом 6 подают на двухбарабанную вальцовую сушилку 7. Высушенный скоагулированный белок измельчают на молотковой дробилке 8, упаковывают в мешки и используют в комбикормовой промышленности в качестве белковой добавки.

Комплект оборудования для электрокоагуляции белков картофельного сока состоит из соломоловushки СВГМ; ротационной камнеловushки РЗ-ПЛП-200; картофелемойки КМЗ-57М; автоматических весов для картофеля ДКФ; картофелетерки ЗТ-350; двух центрифуг ОГШ 802 К-4; электрокоагулятора; насосов 2К-6 и 1В 6/5; вальцовой сушилки; молотковой дробилки; мешкозашивательной машины ЗЗЕ-М. Соломолорушка СВГМ служит для удаления легких примесей. Степень выделения легких примесей – 70...80%; мощность электродвигателя – 2,2 кВт; масса – 2600 кг.

Ротационная камнеловушка РЗ-ПЛП-200 имеет производительность по картофелю до 350 т/сут; частота вращения барабана – 4 об/мин; %; мощность электродвигателя – 1,5 кВт; масса – 1892 кг.

Картофель отмывают от грязи в гидротранспортере, камнеловушке и картофелемойке КМЗ-57М сварной конструкции с погружными билами и двумя приводами, один – на главный вал с билами, второй – на выгрузочные ковши. Производительность по картофелю до 600 т/сут, масса – 19900 кг.

Взвешивают картофель на автоматических весах ДКФ-50 производительностью до 8 т/ч, классом точности 0,5, массой 480 кг.

Измельчают картофель на терке ЗТ-350 производительностью 7...8 т/ч, частотой вращения барабана – 1450 об/мин; %, массой 2800 кг.

Картофельный сок выделяют из кашки на центрифуге ОГШ 802 К-4 производительностью по картофелю 200 т/сут; массой 7835 кг и перекачивают в емкость 1 центробежным насосом 2К-6 производительностью 10...30 м³/ч, мощностью электродвигателя 4,5 кВт.

Центрифуга ОПШ 802 К-4 использована также для выделения коагулята из обработанного сока.

Сушку белков осуществляют в двухвальцовой сушилке для обогривания которой используют пар давлением 0.4...0.5 МПа, измельчение в молотковой дробилке. Машина ЗЗЕ-М предназначена для зашивки тканевых и крафтемешков.

УДК 699.86:621. 643. (075.8)

ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ И ДРОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ КОТЛОАГРЕГАТА

Зайцева Н.К. канд. техн. наук, доцент, Гаркуша К.Э. канд. техн. наук, доцент
Коротинский В.А. канд. техн. наук, доцент, Рехтик Н.В., Воробей Н.П.

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

Возрастающие с каждым годом выработка и потребление энергии в мире создают необходимые условия для ускорения научно-технического прогресса, который позволяет улучшить благосостояние людей. Вместе с тем, возрастающие объёмы использования энергии требуют всё больших и больших объёмов углеводородного сырья, запасы которого не безграничны. Одним из важнейших направлений повышения энергетической безопасности государства является замещение дорогостоящих импортируемых энергоресурсов, получение тепловой энергии с использованием местных видов топлива, в том числе отходов производства. Планируемый годовой объём использования местных видов топлива составляет более 60 тыс. т у. т.

Одним из видов местного топлива являются отходы деревообработки (опилки, щепа, обрезки). Цель данной работы заключается в выявлении влияния влажности местных видов топлива (древесных отходов) на теплотехнические характеристики котлоагрегатов и расход топлива. За основу в расчётах принят состав топлива (дров), приводимый в [1, 2] с влажностью $W^p = 40\%$. Как показывает практика, при использовании дров их влажность зависит от погодных условий и нередко достигает 70 %, когда применяются свежеспиленные деревья. Для таких значений влажности данные по теплотехническим характеристикам котлоагрегатов в литературе отсутствуют. Согласно мировым стандартам, для проектирования рекомендуется применять дрова и древесные отходы с влажностью не более 20 %, что возможно получить только при технической сушке. Состав топлива принято выражать в массовых долях, выраженных в процентах. Для рабочей массы топлива характерно уравнение, состоящее из массовых долей соответствующих элементов:

$$C^p + H^p + O^p + N^p + S^p + A^p + W^p = 100\%$$

С изменением влажности W^p состав топлива и его теплота сгорания Q_n^p будут изменяться. Для изменения состава вводится коэффициент пересчёта [1]

$$K = \frac{100 - W_i}{100 - W^p}$$

где W_i – задаваемая влажность.

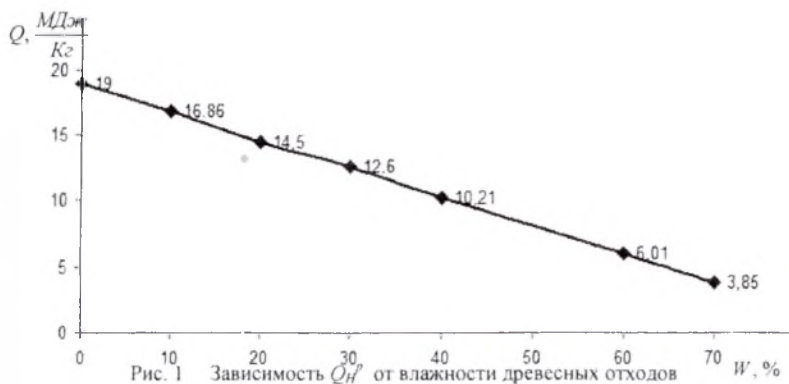
Изменение массовой доли элементов в зависимости от W_i приведено в таблице 1.

Табл. 1.

Состав рабочей массы, %

W^p	A	C	H	N	O	Q_H^p МДж/кг	Примеч.
15	0,85	43,03	5,11	0,57	35,64	15,55	
20	0,80	40,30	4,79	0,53	33,38	14,41	
40	0,6	30,30	3,60	0,40	25,10	10,21	данные [1, 2]
55	0,45	22,73	2,70	0,30	18,83	7,03	
60	0,4	20,30	2,41	0,27	16,80	6,01	
70	0,3	15,15	1,80	0,20	12,55	3,85	
брикеты							
0,5	0,5	51,00	6,00	0,50	42,50	19,00	данные [4]
10	0,45	45,90	5,40	0,45	38,25	16,86	
20	0,40	40,50	4,80	0,40	34,00	14,71	
30	0,35	35,70	4,20	0,35	29,75	12,56	

Теплота сгорания топлива определялась по выражению [1,2]
 $Q_H^p = (Q_H^p + 25,1 \cdot W^p) \cdot K - 25,1 \cdot W_i$. Как видно из таблицы 1, с уменьшением влажности дров и древесных отходов теплота сгорания увеличивается. На основании полученных данных построен график зависимости Q_H^p от W (рис. 1).



Из графика рис. 1 видно, что тепловая мощность котлогенератора зависит от теплоты, влажности топлива, и с уменьшением влажности теплопроизводительность котлогенератора возрастает. Основным показателем эффективной работы котлоагрегата является коэффициент эффективности $\eta_{квт}$

$$\eta_{квт} = 100 - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6).$$

В расчетах приняты потери теплоты химического недожога $q_3 = 2\%$, от механического неполноты сгорания $q_4 = 2\%$, в окружающую среду $q_5 = 3\%$, с золой q_6 . Ввиду малого значения A q_6 не определялся. Теплота сгорания q_2 определялась по общеизвестному выражению [1,2,3]

$$q_2 = \frac{(H_f - \alpha \cdot H_{kf}^0) \cdot (100 - q_4)}{Q_H^p}$$

На основании полученных значений построен график зависимости $\eta_{ка}$ от W (рис. 2).

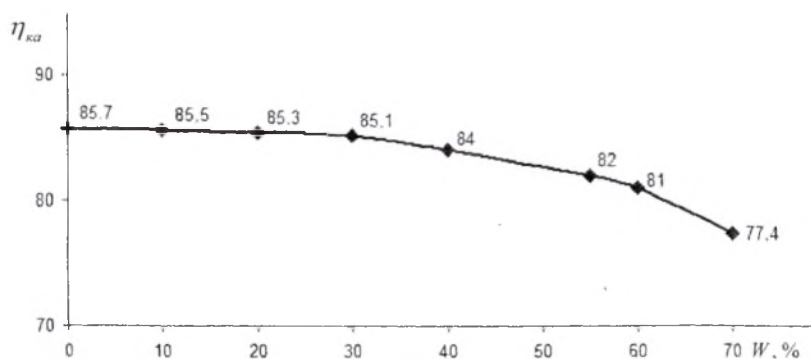


Рис. 2 Изменение $\eta_{ка}$ от влажности древесного топлива

Из графика рис. 2 видно, что с увеличением W эффективность котлоагрегата падает. Это объясняется снижением тепловой мощности котла, теплотой сгорания топлива и расходом энергии на испарение влаги. Для рассматриваемых случаев определялся удельный расход топлива на $Q_{отп} = 1$ МДж тепловой энергии.

$$b = \frac{Q_{отп}}{0,01 \cdot \eta_{ка} \cdot Q_H^p}$$

По полученным данным построен график зависимости b_{30} от W (рис. 3).

$b_{30}, г$

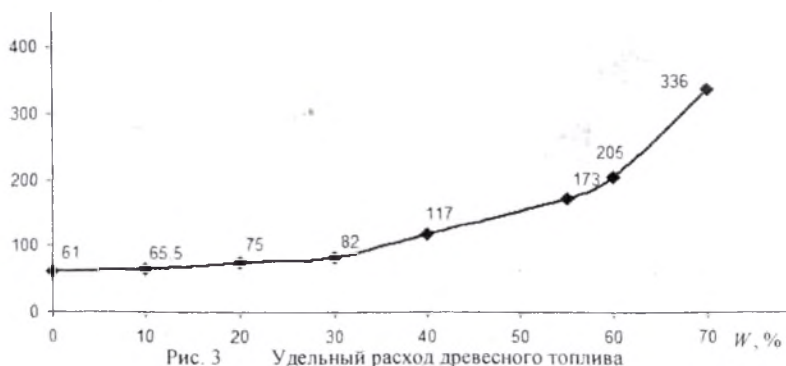


Рис. 3 Удельный расход древесного топлива

При влажности топлива $W = 20 \%$, как видно из графика рис. 3, удельный расход b_{30} по

сравнению с b_{30} при $W = 40\%$ уменьшается в 1,5 раза, а при $W = 70\%$ – в 4 раза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Делягин Г. В. и др. Теплогенерирующие установки. Учебник для вузов – Москва: Стройиздат, 1986.
2. Тепловые и атомные электрические станции. Справочник / Под. ред. В. А. Григорьева – Москва: Энергоиздат, 1982.
3. Справочник по теплоснабжению сельского хозяйства / Л. С. Герасимович и др. – Минск: Уралджай, 1993.
4. Китушин В. Г. Надёжность энергетических систем: учебное пособие для студентов электроэнергетических специальностей вузов. – Москва: Высшая школа, 1984. – 256 с.

УДК 537.39

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ОРГАНИЧЕСКИХ ДИСПЕРСНЫХ ГИДРОСИСТЕМ

Заяц Е.М., докт. техн. наук, профессор, Корко В.С., канд. техн. наук, доцент

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

Электрический ток как комплексный технологический фактор, оказывающий термическое, электрофизическое, электрохимическое и биологическое действие, используют в различных технологических процессах. Наибольший эффект обеспечивается при обработке растительных материалов, биологических сред, в основе деструкции или преобразований которых лежат физико-химические процессы. К ним можно отнести технологии электрохимической обработки воды с целью ее очистки, активации, получения полезных растворов; электрохимического изменения свойств органических дисперсных гидросистем, например, обработка кормовых материалов, коагуляция и извлечение белков, жиров и других веществ; электролитической регуляции активности микрофлоры в различных биологических процессах и др. [1...4].

В общем виде процессы термохимической обработки органических дисперсных гидросистем (ОДГС), к которым можно отнести материалы растительного и животного происхождения, представляют собой гетерогенные реакции ионного обмена между клеточной мембраной дисперсной частицы и жидкой фазой, скорость которых выражается уравнением

$$\mathcal{G} = KS_{\text{в}}(C^S - C^0) \exp\left(\frac{G}{RT}\right), \quad (1)$$

где $\mathcal{G}$ – скорость реакции, моль/(с·м³); K – константа скорости реакции, зависящая от физико-химических свойств реагирующих веществ; $S_{\text{в}}$ – удельная площадь реакционной поверхности, м²/м³; C^S , C^0 – концентрация активных ионов на поверхности мембраны клетки и в объеме раствора, моль/м² и моль/м³; G – энергия активации химической реакции, Дж/моль; R – универсальная газовая постоянная, Дж/(моль·К); T – температура, К.

Электрохимическая обработка основана 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 на поверхности клеточной мембраны дисперсной частицы и концентрации ионов в жидкой фазе [4].

$$C^S = C^0 \pm \frac{q\delta^2 \Delta n}{zFD\tau}, \quad (2)$$

где q – удельное количество электричества, Кл/м³; δ – толщина диффузного слоя, м; Δn – разность чисел переноса ионов в мембране и растворе; z – заряд ионов, Кл; F – постоянная Фарадея, Кл/моль; D – коэффициент диффузии ионов в растворе, м²/с; τ – время обработки, с.

В формуле (2) знак (+) соответствует концентрации ионов на анодной и катионов на катодной сторонах клеточной мембраны, а знак (–) – концентрации анионов на катодной и катионов на анодной сторонах клеточной мембраны.

Концентрация ионов в жидкой фазе

$$C^0 = C^{нач} + \frac{q}{F}(\eta_a - \eta_k), \quad (3)$$

где $C^{нач}$ – начальная концентрация активных ионов в жидкой фазе, моль/м³; η_a, η_k – выход по току анионов и катионов, соответственно.

Концентрация ионов в среде и на поверхности мембраны влияет на заряд дисперсной частицы и на потенциал ее поверхности.

Суммарная плотность поверхностного заряда частицы [5]

$$\rho_s = \frac{\rho_s C_s^2 + K_s(\rho_s - \rho_s)C_s - \frac{K_s K_a}{K_s} \rho_s}{C_s^2 + \left(\frac{K_s}{K_s} + K_s\right)C_s + \frac{K_s K_a}{K_s}}, \quad (4)$$

где ρ_s, ρ_a – плотность поверхностного заряда основных и кислотных групп соответственно, Кл/м²; C_n – концентрация ионов, например H^+ , моль/м³; K_a, K_b, K_w – константы диссоциации кислотной, основной групп и воды соответственно.

Потенциал на поверхности частицы

$$\varphi_n = \frac{\rho_n R_y}{2\epsilon_c} \ln \left(\frac{h + \sqrt{R_y^2 + h^2}}{R_y} \right), \quad (5)$$

где ρ_n – суммарная плотность поверхностного заряда клетки, Кл/м²; R_y, h – соответственно радиус поры и толщина стенки мембраны клетки, м; ϵ_c – диэлектрическая проницаемость среды, Ф/м.

Основу электролитической активации микробиологических процессов составляют явления диффузии ионов через поры мембраны клетки [6].

$$D_\phi = D_0 \exp \left(-\frac{\epsilon F \varphi_n}{RT} \right), \quad (6)$$

где D_ϕ, D_0 – соответственно коэффициенты диффузии ионов в порах мембраны клетки и в среде, м²/с; ϵ – эмпирический коэффициент;

При выделении белков методом электрохимической коагуляции используют энергию электростатического отталкивания и диполь – дипольного взаимодействия частиц.

Энергия электростатического отталкивания частиц [7]

$$W_s = 16\epsilon_0 \epsilon_c \left(\frac{RT}{F} \right)^2 i h^2 \left(\frac{\varphi_0 z_i e}{4kT} \right) a \frac{e^{-\chi a(S-2)}}{S}, \quad (7)$$

где ϵ_0 – электрическая постоянная, Ф/м; ϵ_c – диэлектрическая проницаемость среды; φ_0 – полный потенциал; z_i – валентность иона; k – постоянная Больцмана, Дж/К; a – размер частицы, м; $\chi = \sqrt{\frac{8\pi e^2 \sum n_i z_i}{\epsilon_0 \epsilon_c kT}}$ – параметр Дебая – Гюккеля, м⁻¹; $S = \frac{h}{a} + 2$; h –

расстояние между частицами, м; n_i – число зарядов i -го сорта в единице объема, м⁻³.

Энергия диполь-дипольного взаимодействия частиц

$$W_d = -4\epsilon_0\epsilon_c \left\{ 0,5 - 3 \left[\left(ch \left(\frac{\varphi_0 z_i e}{2kT} \right) - 1 \right) / 4ch \left(\frac{\varphi_0 z_i e}{2kT} \right) + \chi a \right] \right\}^2 \left(\frac{\alpha}{S} \right)^3 E^2, \quad (8)$$

где α – постоянная Гамакера, Дж; E – напряженность электрического поля, В/м.

Анализ уравнений (1)...(8) показывает, что факторы, определяющие электрокинетические явления и скорость химических реакций, определяются параметрами обрабатываемой среды и электрического поля. В частности, количество электричества, протекающее через органическую дисперсную гидросистему, влияет на концентрацию ионов, поверхностный заряд и потенциал частицы, который является главным фактором, лимитирующим тот или иной электротехнологический процесс.

Применительно к органическим водным растворам основными активными ионами являются H^+ и OH^- , которые и создают на поверхности мембраны клетки кислотные и основные группы зарядов. Как следует из рис.1, характер изменения щелочности и кислотности при электрообработке зависит от вида корма и расхода тока. Вид корма влияет на ионный состав электролита и его изменение в процессе обработки.

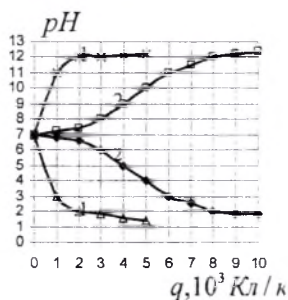


Рисунок 1 – Зависимость pH соломенной (1) и зерновой массы (2) от удельного количества электричества

Минимальное сопротивление, оказываемое мембраной диффузии молекул и ионов из внешней среды в клетку, и, следовательно, максимальная обработка будут в случае, когда мембрана электрически нейтральна, в этом случае концентрация ионов H^+ и OH^- , а также величина pH соответствует оптимальному значению:

$$C_{H^{+}OH^{-}} = K_a \left[\frac{\rho_a - \rho_\delta}{2\rho_\delta} + \sqrt{\frac{(\rho_a - \rho_\delta)^2}{2\rho_\delta^2} + \frac{K_w \rho_a}{K_a K_\delta \rho_\delta}} \right]; \quad (9)$$

$$pH_{opt} = \lg K_a + \lg \left[\frac{\rho_a - \rho_\delta}{2\rho_\delta} + \sqrt{\frac{(\rho_a - \rho_\delta)^2}{2\rho_\delta^2} + \frac{K_w \rho_a}{K_a K_\delta \rho_\delta}} \right]. \quad (10)$$

Таким образом, приведенные аналитические выражения определяют электрохимический характер процессов происходящих в материалах при прохождении по ним электрического тока.

Результаты экспериментальных исследований подтверждают теоретические заключения изменением в процессе обработки электрическим током интегральных показателей среды: повышением или уменьшением проводимости, кислотности или щелочности (рис.1), определенными зависимостями переваримости корма (рис.2) от параметров среды, вольтамперных, поляризационных и других характеристик от параметров

электрического тока [1].

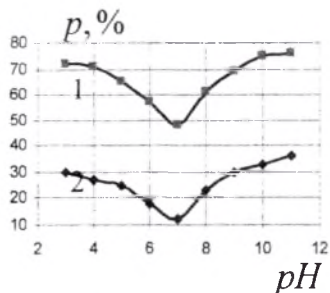


Рисунок 2 – Зависимость переваримости зерна ячменя (1, 2) и ржаной соломы (3, 4) от удельного количества электричества постоянного тока: 1, 3 – кислая; 2, 4 – щелочная среда

ЛИТЕРАТУРА

1. Герасимович, Л.С. Технологические основы и опыт применения электрической обработки кормовых материалов / Л.С. Герасимович [и др.] // Вопросы агроэнергетики: Сб. науч. трудов / Под ред. Е.М. Зайца. – Мн.: УП «Технопринт», 2001. – с. 24...41.
2. Корко, В.С. Повышение эффективности процессов переработки и контроля влагосодержания злаков электрофизическими методами: монография / В.С. Корко – Мн.: БГАТУ, 2006. – 349с.
3. Баран, А.Н. Основы электробиотехнологии кормов / Л.С. Герасимович [и др.] // Вопросы агроэнергетики: Сб. науч. трудов / Под ред. Е.М. Зайца. – Мн.: УП «Технопринт», 2001. – с.78...92.
4. Заяц, Е.М. Электротермохимическая обработка органических гидросистем / Е.М. Заяц, М.М. Николаенко // Теория и практика машиностроения, 2003, №2. - с. 44...46.
5. Engel M.B., Pumper R.W., Joseph N.R. Proc. Soc. Exptl. Biol. Med., 128, 4, 990, 1968.
6. Заяц, А.Е. Модель электролитической активации продуцента кормовых дрожжей / А.Е. Заяц. // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - М.: 2006, №8.- с. 13...16.
7. Заяц, Я.М. Да пытання электраагуляцыі бялкоу бульбянога соку / Я.М. Заяц, І.Б. Юшанка // Весці акадэміі аграрных навук Беларусі, 1994, №3. –с. 118,119.

УДК 635.21.077; 621.365

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРООБРАБОТКИ НА ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ

Заяц Е.М., д.т.н., профессор, Кривовязенко Д.И., ст. преподаватель

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

Ежегодно в Беларуси производится около 900 тыс. тонн молочной сыворотки. Промышленной переработке подвергается не более 20%. Использование белка сыворотки могло бы дать народному хозяйству до 9 тыс. тонн высокоценного белка, снизить отрицательное воздействие сточных вод молочных предприятий на окружающую среду. Одним из перспективных способов выделения белка является электрокоагуляция. Реализация способа требует изучения физических характеристик молочной сыворотки.

В работе исследована молочная сыворотка с содержанием сухих веществ 6-7%, начальным рН 4,8 – 5. Измерения проводили в специальных ячейках, наиболее соответствующих технологии обработки молочной сыворотки. Измерительная ячейка представляла собой камеру прямоугольной формы из диэлектрического материала с плоскопараллельными электродами из графита, разделенную полиамидной мембранной

перегородкой.

Проводимость зависит от водородного показателя молочной сыворотки. В анодной и катодной зоне она снижается (рисунок 1), это является, по нашему мнению, следствием протекания коагуляционных процессов и появлении в сыворотке взвешенных частиц белка.

Зависимость изменения удельной электрической проводимости молочной сыворотки от pH получили по экспериментальным данным методом парного линейного регрессионного анализа [2]:

$$\gamma_{pH} = 0,0088 + 0,0253 pH - 0,0019 pH^2 \quad [1]$$

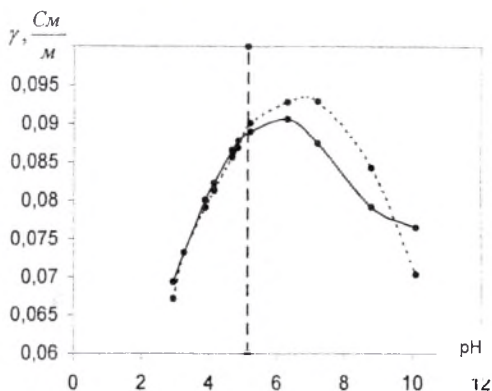


Рисунок – 1 Зависимость проводимости молочной сыворотки от pH :

— экспериментальная, ---- расчетная, исходный pH .

Диапазон изменения температуры, в котором исследовали диэлькометрические свойства, показан на рисунке 2. Под действием температуры в исследуемом диапазоне удельная проводимость увеличивается на 15 – 20%.

Наиболее вероятное значение удельной проводимости молочной сыворотки при 20 °С, $\gamma_{20}=0,089 \text{ См/м}$. Температурная характеристика удельной электрической проводимости сыворотки описывается общей зависимостью для проводников второго рода:

$$\gamma_t = 0,089[1 + 4 \cdot 10^{-3}(t - 20)]. \quad [2]$$

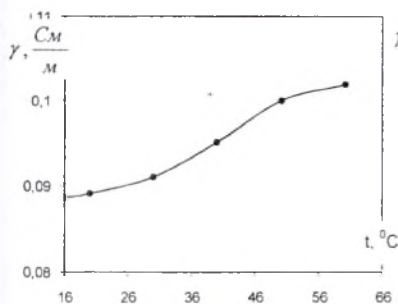


Рисунок 2 – Температурная характеристика удельной проводимости молочной сыворотки в зависимости от места электричества

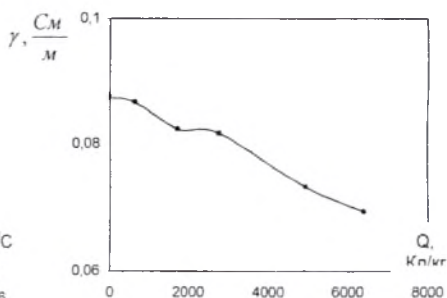


Рисунок 3 – Зависимость проводимости молочной сыворотки от количества электричества

С увеличением количества электричества, пропущенного через сыворотку, проводимость снижается в результате изменения pH (рисунок 3)

Для определения диэлектрической проницаемости ϵ и тангенса угла диэлектрических

потерь $\lg \delta$ принят диэлькометрический метод. Изменение диэлькометрических свойств в процессе изменения частоты показано в таблица 1.

Диэлектрическая проницаемость молочной сыворотки увеличивается с ростом частоты электрического поля (таблица 1) под действием поляризационных явлений [1].

Таблица 1 – Изменение параметров диэлькометрических характеристик сыворотки

Содержание в сыворотке белков, %	Измеряемый параметр	Частота, кГц			
		0,1	1	10	1000
2	ϵ	61,7	45	11,2	39,76
	$\lg \delta \cdot 10^{-3}$	5	557,8	55,8	53
4	ϵ	12,08	5,76	1,73	12,16
	$\lg \delta \cdot 10^{-3}$	675,5	186,9	39	44

Теплопроводность определяли методом монотонного разогрева образца внешним односторонним проходящим тепловым потоком. Удельную теплоемкость определяли методом динамического С-калориметра.

Таблица 2 – Теплофизические свойства молочной сыворотки

Теплопроводность, Вт/м·К	Удельная теплоемкость, Дж/кг·К
0,627	4124

Удельная электрическая проводимость молочной сыворотки при 20 °С составляет 0,089 См·м⁻¹, изменяется в зависимости от места производства на 6%, температуры - 15-20 %. Исследованные кондукто - и диэлькометрических свойства молочной сыворотки позволяют классифицировать ее как проводник второго рода.

Полученные результаты исследования физических свойств сыворотки позволяют описать механизм воздействия электрического тока на коагуляцию белка, обосновать конструкцию установки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Надь Ш.Б. Диэлектрометрия. - М.: Энергия, 1976. - 200с.
2. Львовский Е.Н. Статистические методы построения эмпирических формул: Учеб. пособие. - М.: Высшая школа, 1982. - 224с.
3. Гинзбург А.С., Громов М.А., Красовская Г.И. Теплофизические характеристики пищевых продуктов: Справочник. - М.: Агропромиздат, 1990. - 287с.

УДК 631.563:621.3.014

ОБОСНОВАНИЕ МАТЕРИАЛА ЭЛЕКТРОДОВ РАБОЧЕЙ КАМЕРЫ УСТАНОВКИ ЭЛЕКТРОТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА

Кардашов Н.В., канд. техн. наук, доцент, Кардашов М.В., студент

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

Установка электротермохимической обработки фуражного зерна предназначена для повышения его кормовой ценности, и использования в кормоцехах фермерских хозяйств в линии обработки зерна. Основным конструктивным элементом установки является рабочая камера, представляющая собой систему токоподводящих плоско – параллельных электродов, разделенных гетерогенными ионоселективными мембранами.

Проблема выбора материала электродов, обладающих высокой стойкостью к воздействию щелочной и кислой среды, связана с явлениями эрозии. Эрозийную

способность электродов из различных материалов исследовали в литературе [1]. Однако эрозия электродов в нашем случае существенно отличается от ранее исследованных, поэтому определение зависимости эрозии электродов в условиях электротермохимической обработки, явилось целью экспериментальных исследований. Исследования производили по методике [1], для материала электродов из нержавеющей стали 12Х18Н9Т и графита Г-Э. Площадь электродов составляла $(4,5 \times 4,5) 10^{-4} \text{ м}^2$. Продолжительность испытаний 12 часов. Через каждые три часа электроды очищали от продуктов эрозии в горячей воде с последующей обработкой в 10 – процентном лимоннокислом аммонии, просушивали и взвешивали на аналитических весах ВЛР-200Г. Скорость эрозии определяли по изменению массы электродов. Эрозию исследовали при анионообменной мембране МА-41Л. На рис. 1 дана зависимость эрозии электродов (анода) от времени обработки.

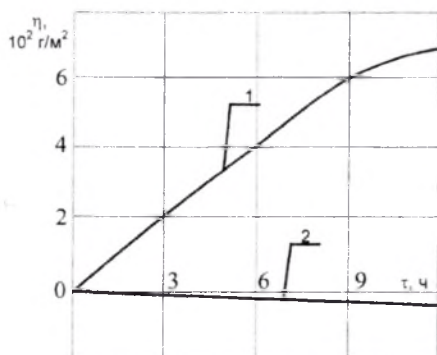


Рисунок 1. Эрозия материала анода при электротермохимической обработке фуражного зерна: 1 – сталь 12Х18Н9Т, 2 – графит Г-Э

Как видно из рис. 1, электроды из нержавеющей стали 12Х18Н9Т в условиях электрообработки подвержены значительной эрозии, скорость которой составляет $65 \text{ г/(м}^2 \text{ ч)}$ и более чем в 20 раз превышает скорость эрозии аналогичных электродов в условиях ЭГТО [2], что объясняется протеканием электрохимических процессов под действием постоянного тока. Графит Г-Э является инертным по отношению к обрабатываемому продукту, а масса электродов из него даже возрастает при обработке, что объясняется насыщением пор электрода влагой и фрагментами крахмальных веществ. Следует также отметить, что по мере насыщения пор при работе электродов из графита скорость насыщения пор снижается, а их поверхность становится более гладкой и устойчивой к механическому истиранию.

Таким образом, учитывая высокую эрозионную стойкость, небольшую стоимость, а также инертность к обрабатываемому продукту, в качестве основного материала электродов для установки электротермохимической обработки фуражного зерна следует применять графит, в частности, графит марки Г-Э.

Литература

1. Карасенко В.А., Заяц Е.М., Ампилов Н.В. Исследование эрозии электродов при нагреве органической среды. Электротехническая промышленность. Серия "Электротермия". 1977, вып. 5, с. 6...8.
2. Пашинский В.А. Обоснование параметров и режимов работы установки для поточной электрогидротермической обработки фуражного зерна: Дис. ... канд. техн. наук. – Киев: УСХА, 1985. – 254 с.

СПОСОБ РЕАЛИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ФУРАЖНОГО ЗЕРНА

Кардашов П.В., канд. техн. наук, доцент, Заяц Е.М., доктор техн. наук, профессор

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

Электротермохимическая обработка (ЭТХО) фуражного зерна включает плющение зерна до толщины хлопьев 1,0–1,5 мм, внесение 0,8–1% хлорида натрия и 100–120 % воды к массе зерна, уплотнение до 8–10 кПа и обработку увлажненных хлопьев зерна в электрическом поле напряженностью 400 В/м до температуры 52–55 °С и pH показателе в анодной зоне 4–2, катодной 10–12 [1].

Реализовать ЭТХО можно с помощью технологической линии (рис. 1), которая состоит из завальной ямы 1; шнекового транспортера 2; дозатора концентрированных кормов 3, плющилки зерна 4, скребкового транспортера 5; шнекового смесителя плющеного зерна и раствора 6; оборудования приготовления и дозирования химреagenta 7; установки ЭТХО зерна 8 и выгрузного транспортера 9. Линия работает следующим образом. Фуражное зерно загружается в завальную яму 1, откуда шнеком 2 подается в дозатор 3, который питает плющилку 4. После измельчения хлопья требуемых размеров поступают по скребковому транспортеру 5 в смеситель 6, куда из комплекта оборудования 7 насосом подается раствор химреagenta. Увлажненная зерновая масса поступает в загрузочный бункер установки для ЭТХО корма 8, далее в электродные камеры и уплотняется. На электроды установки подается напряжение. После обработки корм перемещается в смкость 10.

Разработанная технологическая линия может быть использована в кормоцехах промышленных предприятий и фермерских хозяйств.

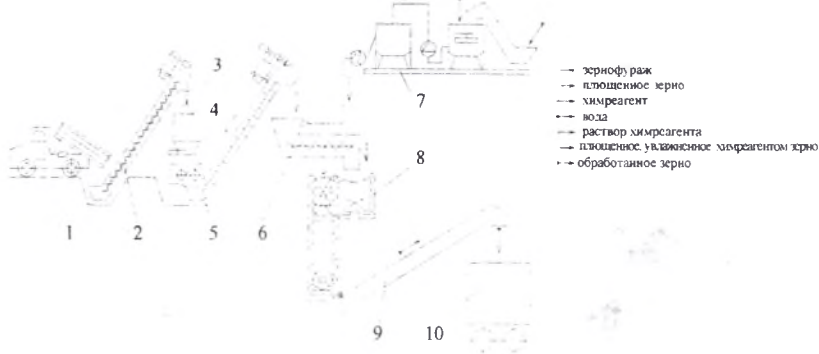


Рисунок 1. Технологическая линия электротермохимической обработки фуражного зерна

1 - завальная яма, 2 - шнековый транспортер, 3 - дозатор, 4 - плющилка зерна, 5 - скребковый транспортер, 6 - смеситель, 7 - оборудование приготовления и дозирования химреagenta, 8 - установка ЭТХО, 9 - выгрузной транспортер готового корма, 10 - транспортное средство

ЛИТЕРАТУРА

1. Кардашов П.В. Повышение эффективности использования фуражного зерна путем обработки электрическим током: Дис. ... канд. техн. наук. – Минск: БГАТУ, 2003. – 156 с.

**ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ПОГРУЖНЫЕ СКВАЖИННЫЕ
ЭЛЕКТРОНАСОСНЫЕ АГРЕГАТЫ ПРОИЗВОДСТВА ОАО «ЗАВОД
ПРОМБУРВОД»**

Козорез А.С., директор
ЗАО «ГМС - Промбурвод»
г. Минск, Республика Беларусь

Козорез А.А., студент
УО «Белорусский национальный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь

Энергосбережение - одна из самых насущных задач современности и правильный выбор насосного оборудования для водоснабжения, это непереносимое условие решения этой задачи.

При выборе насосного оборудования следует учитывать следующие основные факторы [1]:

- соответствие насосного оборудования требованиям системы водоснабжения;
- эффективность применения насосного оборудования, снижающая эксплуатационные расходы в виде оплаты за электроэнергию;
- капитальные затраты на приобретение насосного оборудования;
- расходы, связанные с техническим обслуживанием.

Эксплуатация насосного оборудования вне области его допустимых режимов приводит к следующим негативным факторам:

- снижению экономической эффективности систем водоснабжения;
- увеличению расхода воды в системах;
- увеличению расхода электроэнергии;
- повышению шума и вибрации агрегата и трубопроводов;
- преждевременному износу и выходу из строя подшипников насосного оборудования;
- поломке вала насоса или электродвигателя;
- разрушению рабочего колеса насоса.

Правильный подбор скважинного электронасосного агрегата в значительной мере влияет на эффективность и надежность его работы, и работы водозаборной скважины.

Электронасосный агрегат подбирается по трем параметрам скважины:

- диаметру обсадной колонны;
- дебиту (производительности);
- динамическому уровню.

Перед подбором электронасосного агрегата необходимо ознакомиться с паспортными данными на скважину, агрегат, станцию управления и защиты и другие комплектующие узлы и детали. При этом следует обратить внимание на диаметр скважины, сопоставляя его с габаритами электронасосного агрегата. В табл. 1 представлены основные параметры электронасосных агрегатов и скважин.

На экономические показатели скважины значительно влияют диаметры погружных электронасосных агрегатов, в которых определяющую роль играет электродвигатель.

Диаметры электронасосных агрегатов определяются:

- минимально допустимым зазором с внутренним диаметром обсадных труб скважины, в котором должны быть необходимые скорости движения воды для охлаждения электродвигателя;
- наличием номенклатуры диаметров обсадных труб;
- зависимостью коэффициента полезного действия электронасосного агрегата от его диаметра.

Таблица 1. Основные параметры электронасосных агрегатов

Диаметр скважины, дюймы	4"	5"	6"	8"	10"	12"
Внутренний диаметр скважины, мм	100,1	123,2	149,5	199,0	249,2	284
Диаметр агрегата, мм	96	120	144	180	235	275
Диапазон подач насоса, м ³ /ч	1-4	4-15	4-35	10-90	45-320	120-420
Диапазон напоров, м	25-230	25-250	25-350	15-400	20-325	30-180
Диапазон мощностей двигателей производства ОАО «Завод Промбурвод», кВт	0,75-1,1	2,2-7,5	2,2-15	9-33	18,5-65	-
Диапазон мощностей двигателей производства фирмы Franklin, кВт	0,25-7,5	-	4-45	30-150	85-185	-

Сегодня ОАО «Завод Промбурвод» обеспечивает Республику Беларусь погружными скважинными насосами очень широкой гаммы: по диаметру обсадной колонны от 100 до 300 мм; по производительности от 1,0 до 250 м³/ч, и по напору - от 20 до 350 метров [2].

Поставлен на производство конструктивный ряд более 250 типоразмеров погружных скважинных электронасосных агрегатов 4", 5", 6", 8", 10" и 12". Производственная программа номинальных мощностей погружных электродвигателей и количество насосов выпускаемых и агрегируемых на ОАО "Завод Промбурвод" представлена в табл. 1.

Выпуск электронасосных агрегатов базируется на широком поле характеристик насосов и широком диапазоне мощностей электродвигателей. Это дает возможность при проектировании произвести оптимальный подбор и в эксплуатации использовать полную полезную загрузку, а тем самым экономить электроэнергию и также оптимизировать расход материалов для изготовления погружных электронасосных агрегатов.

Рабочие органы насосов изготавливаются из высокопрочных полимерных материалов, нержавеющей стали, бронзы, чугуна и чугуна с катафорезным покрытием фирмы Rovatti. Сегодняшняя конструкция насоса и технология производства позволяют изготовить его с оптимальными параметрами по подаче и напору в любой рабочей точке [3].

В качестве привода погружных насосов применяются погружные асинхронные электродвигатели типа ПЭДВ и ДАПВ с короткозамкнутым ротором водозаполненные собственного производства, а также фирмы Franklin Electric. Погружной электродвигатель, производства ОАО "Завод Промбурвод", водозаполненный с перематываемой обмоткой из водостойкого провода с резинометаллическими радиальными и упорными подшипниками скольжения.

Повышение надежности связано с определенными материальными затратами. поэтому обоснованное решение этой проблемы должно содержать экономическое исследование вопроса. Для каждого мероприятия и конкретных условий его применения должны быть разработаны и экономически обоснованы оптимальные показатели надежности и долговечности. Такие показатели следует выбирать с учетом физического и морального износов, себестоимости изделия, расходов на обслуживание, ремонт и ряда других факторов, среди которых особое место занимает фактор безопасности, когда он связан с надежностью работы оборудования.

Проблема надежности и долговечности электронасосных агрегатов может быть решена только общими усилиями исследователей, проектировщиков, конструкторов, технологов, контролеров и эксплуатационников. Путь решения этой проблемы – создание новых высоконадежных электронасосных агрегатов; разработка научно обоснованных норм и требований к качеству продукции, материалов и комплектующих; повышение общей культуры производства и эксплуатации.

В табл. 2 представлены сравнительные испытания одного и того же насоса ЭЦВ 8-65-60, рабочие органы которого изготовлены из чугуна с катафорезным покрытием, с

герметичным двигателем ДАПВ 17-180, в котором установлены радиальные и упорный подшипники фирмы Franklin, и двигателем Franklin 18,5-6".

Таблица 2. Сравнительные испытания насоса ЭЦВ 8-65-60

Параметры	Получа, м ³ /ч	Напор, м	Измеренный ток, А	Измеренная мощность, кВт	КПД, %	Cos φ	Удельный расход электроэнергии на 1 м напора, Вт	Удельное потребление электроэнергии, Вт·ч/м ³
ЭЦВ 8-65-60 ПЭДВ 17-180	50,0	76,1	36,12	18,160	57,1	0,76	238,63	4,772668
	65,0	61,3	36,39	18,408	59,0	0,76	300,03	4,619902
	80,0	41,6	34,12	16,803	54,0	0,74	403,92	5,048978
ЭЦВ 8-65-60 Franklin 18,5-6"	50,0	77,7	36,06	18,750	56,4	0,76	241,31	4,826255
	65,0	64,5	36,89	19,365	59,0	0,77	300,23	4,618962
	70,0	58,5	36,48	19,029	58,6	0,76	325,28	4,646886

Как видно из табл. 2 первый агрегат дал меньший напор и меньшую потребляемую мощность, а коэффициент полезного действия обоих агрегатов 59,0 % и удельное потребление 4,62 Вт·ч/м³. Первый агрегат из таблицы эксплуатируется на скважине № 186 водозабора № 1 «Новинки» УП «Минскводоканал», который отработал 4100 часов непрерывной работы, не снизил свои показатели и продолжает работать.

Известно, что эффективность применения новых агрегатов и средств автоматизации водоснабжения зависит не только от технических и производственно – эксплуатационных преимуществ перед заменяемым агрегатом, но и от стоимости нового агрегата. Погружной электронасосный агрегат с хорошими техническими показателями, но имеющий высокую стоимость, не может быть эффективным для потребителя, так как он не обеспечивает необходимого снижения себестоимости воды для того, чтобы окупить затраты на приобретение нового электронасосного агрегата в экономически целесообразный срок [1].

Выгодность замены еще не полностью амортизированного электронасосного агрегата на новый, более совершенный, определяется уравнением:

$$K_n + K_v \leq \Delta T, \text{ где}$$

K_n — размер капитальных вложений на новую технику в руб.;

K_v — убыток от ликвидации не полностью амортизированного электронасосного агрегата в руб.;

Δ — годовая экономия, получаемая от применения новой техники в руб.;

T — срок окупаемости капитальных затрат в годах.

В этом случае

$$T = \frac{K_n + K_v}{\Delta}$$

В табл. 3 представлены правильно подобранные электронасосные агрегаты, изготовленные в соответствии с методикой [3] и предложенные для замены на скважинах № 2, 4 и 3 водозабора «Лядище» УП «Борисовводоканал». Рабочие органы первых двух насосов изготовлены из нержавеющей стали, третьего – из чугуна с катодорезным покрытием. Первые два погружных электродвигателя герметичного исполнения с упорными подшипниками фирмы Franklin номинальной мощностью соответственно 13 и 17 кВт. Третий двигатель фирмы Franklin мощностью 15 кВт.

Таблица 3. Оптимальные электронасосные агрегаты.

Параметры	Подача, м ³ /ч	Напор, м	Измеренная мощность, кВт	КПД, %	Удельное потребление электроэнергии, Вт·ч/м ³	Заменяемый агрегат	Срок окупаемости капитальных затрат, год
2ЭЦВ 10-60-50 ПЭДВ 13-180	60,0	49,9	14,386	56,7	4,80	ЭЦВ 10-63-65	1,5
2ЭЦВ 10-75-50 ПЭДВ 17-180	75,0	51,2	18,678	56,0	4,86	ЭЦВ 10-63-65	1,6
ЭЦВ 8-70-50 Franklin 15-6"	70	50,8	17,019	56,9	4,78	ЭЦВ 10-63-65	1,8

ЛИТЕРАТУРА

1. Козорез А.С., Ивашко В.С., Козорез Т.А. Повышение надежности погружных скважинных электронасосных агрегатов применением новых материалов и износостойких покрытий. Монография. М.: «Народная книга», 2008. – 308 с.
2. Агрегаты электронасосные центробежные скважинные для воды. Каталог. / А.С. Козорез, З.И. Гринцевич, В.З Гринцевич. –Мн., издательство РУП «Институт энергетики АПК НАН Беларуси». 2006. 80 с.
3. Ивашко В. С., Козорез А. С. Оптимизация характеристик насосного оборудования и эффективность его использования. Известия Белорусской инженерной академии, № 2 (18), 2004. с. 7...10.

УДК 631.53.027.33

СТИМУЛИРОВАНИЕ ВСХОЖЕСТИ СЕМЯН ЗЕЛЕННЫХ КУЛЬТУР
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ПОЛЕМ

Корко В.С., канд. техн. наук, доцент, Ермалицкий Н.И., аспирант

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

Одной из важных задач тепличного овощеводства является быстрое получение доступной, качественной, полезной и относительно дешевой продукции с минимальными затратами.

Потенциальные возможности высеваемых культур используются далеко не полностью. В силу своей биологической разнокачественности семена отличаются растянутым периодом прорастания, различной силой роста, реакцией на неблагоприятные условия выращивания. В результате растения развиваются неравномерно, что ведет к снижению урожая [1].

Успешное решение задач по повышению урожайности требует применения современных высокоэффективных технологий предварительной подготовки посевного и посадочного материала, во многом определяющего формирование здорового и устойчивого к стрессовым факторам проростка, передачу сортовых признаков от поколения к поколению. Особенности процесса прорастания семени и последующего развития растения обусловлены эпигенетическими механизмами клеточной активации, «запускающими» сложные многоступенчатые биохимические реакции. В частности, имеются факторы, которые определяют полноту реализации генетического потенциала семян, увеличивают их

сопротивляемость к неблагоприятным условиям окружающей среды, повышают иммунитет к вирусным, бактериальным и грибковым заболеваниям [2].

Существуют различные способы обработки семян, повышающие их всхожесть, которые разделяют на два вида: физические и химические. Ионизирующая радиация в малых дозах, озвучивание, кратковременная тепловая и ударно-волновая обработки, экспонирование в электрических и магнитных полях, лазерное облучение, предпосевное замачивание в растворах биологически активных веществ и др. могут увеличить всхожесть семян и урожай на 15-25% [3]. От посева и до того момента, когда появляются проростки и ростки растения, семена и растущие растения подвергается ряду положительных и еще гораздо большему количеству негативных воздействий. Тем не менее, именно пуск в рост и начальные зародышевые стадии растения являются наиболее податливыми в приобретении устойчивости к действию стрессоров.

Таким образом, при выращивании зеленных культур необходимо преследовать следующие цели - повысить всхожесть семян, стимулировать рост и развитие растений, способствовать повышению устойчивости растений к возбудителям болезней.

На данном этапе рассмотрим технологию стимуляции всхожести семян неоднородным электрическим полем высокой напряженности, которое создается с помощью диэлектрической плоскости с бифилярной обмоткой. Переменное напряжение промышленной частоты подается на два входных конца обмотки, а два других остаются разомкнутыми. В такой обмотке соседние провода представляют собой разноименно заряженные в данный момент времени и изолированные один от другого электроды. В созданном неоднородном электрическом поле происходит поляризация частиц и проявляются пондеромоторные силы, определенные характером поля и электрофизическими характеристиками семян. В поляризованном веществе молекулы представляют собой диполи, которые под действием поля стремятся ориентироваться таким образом, чтобы их электрический момент был направлен параллельно вектору напряженности электрического поля.

Электрический момент суммы диполей, находящихся в единице объема вещества определяет вектор поляризации, который пропорционален напряженности электрического поля,

$$\vec{P} = \frac{\sum q\vec{l}}{V} = k\vec{E},$$

где q – заряд семени, Кл; l – расстояние между семенами, м; k – коэффициент электрической восприимчивости.

Вектор электрической индукции

$$\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P}, \quad (1)$$

где $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$ – электрическая постоянная.

Пондеромоторная сила

$$F_n = \frac{\epsilon_0 \epsilon_c \epsilon_n (\epsilon_c - 1)}{(2\delta_n \epsilon_c + l \epsilon_n)^2} S_{\phi} U^2 \cos \frac{\theta}{2}, \quad (2)$$

где ϵ_n и ϵ_c – относительные диэлектрические проницаемости изоляции провода и семени; δ_n – толщина изоляции электродов; l – средняя длина силовой линии в семени; S_{ϕ} – эффективная поверхность заряженной части зерна, контактирующая с изоляцией электродов; U – напряжение, подаваемое на электроды, В; θ – угол между направлениями действия сил на семя со стороны разноименно заряженных электродов, град.

Как следует из уравнений (1) и (2), степень поляризации и значение действующих сил зависит от диэлектрических свойств семян и параметров поля. Значит, на плоскости с бифилярной обмоткой при питании от источника переменного напряжения можно придать материалу определенное внутреннее состояние и управлять им в соответствии с целевой задачей.

Для проверки эффективности обработки использовали семена укропа. На рабочую поверхность обмотки равномерным слоем укладывали семенной материал, подавали требуемое напряжение и выдерживали экспозицию. Контрольную партию (35 шт) оставляли без обработки, а три экспериментальные обрабатывали в электрическом поле, изменяя напряжение на обмотке и время воздействия. Режимы обработки и результаты исследований приведены в таблице.

Таблица – Количество проросших семян в зависимости от напряжения и времени обработки

Время проращивания, сутки	Контроль	Время обработки в электрическом поле при напряжении								
		2с			4с			6с		
		Без обра- ботки	1500 В	3500 В	5000 В	1500 В	3500 В	5000 В	1500 В	3500 В
1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
2	0	0	1	0	1	4	0	1	0	0
3	0	4	6	0	5	10	0	6	4	0
4	2	8	16	2	12	16	1	16	8	1
5	10	14	21	8	16	32	4	21	14	4
6	20	21	27	16	26	32	16	25	19	15
7	22	22	28	20	26	33	19	26	20	17
8	22	22	28	20	26	33	19	26	20	17

Анализ результатов исследования показывает, что в контрольной партии семян, первые ростки начали появляться на 4-5-е сутки, более дружно – на 5-6-е сутки. В опытных партиях наблюдается определенная зависимость скорости прорастания и количества проросших семян от режимов обработки: напряжения и экспозиции. Положительный эффект воздействия на всхожесть семян наблюдается до определенной дозы, определенной значением как напряжения, так и времени воздействия.

При высоких напряжениях (5000 В) даже при кратковременном воздействии наблюдается угнетающее действие поля, которое усиливается с ростом экспозиции. В лучшем из рассмотренных образцов при напряжении 3500 В и времени обработки 4 с ростки начали появляться уже на 1-2-е сутки и практически все семена проросли к исходу 5-6-х суток.

Таким образом, доза воздействия электрического поля на семена является одним из основных действующих факторов, стимулирующих пуск в рост и начальные зародышевые стадии развития растений. При возбуждении семян усиливается деление клеток, повышается влагонасыщение, компенсируются недостаточные воздействия природных электрофизических факторов. В оптимальных условиях за счет стимулирующего действия факторов электрического поля можно в 1,5...2 раза ускорить начало прорастания семян и обеспечить более дружные всходы.

Для зеленных овощных культур, урожайность которых определяется выходом зеленой массой, наиболее успешно применимыми являются такие методы как предпосевная обработка в электромагнитном поле, обеззараживание, стимулирование всхожести, ускорение прорастания электрохимически активированными растворами, управление ростом путем создания почвенных и атмосферных токов, а также комбинирование данных методов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стародубцева, Г.П. Повышение посевных, урожайных качеств семян и адаптивных свойств сельскохозяйственных культур [Текст] / Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук. Ставрополь, 1997, – 56 с.
2. Городецкая, Е.А. Влияние плазменно-микроволновой обработки на посевные качества семян [Текст] / Е. А. Городецкая, Е. В. Спиридович,

УДК 631.365.22

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЗЕРНОСУШИЛКИ

Коротинский В.А., канд.техн.наук, доцент, Цубанов А.Г., канд.тех.наук, доцент
Синяков А.Л., канд.тех.наук, доцент

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

В настоящее время широко применяются зерносушилки, в которых осуществляется нагрев сушильного агента (воздуха) теплотой, получаемой от сжигания древесины в теплогенераторах, это позволяет частично уменьшить импорт газа и нефти.

Существующая установка для сушки зерна содержит теплогенератор с теплообменником-воздухоподогревателем, два основных центробежных вентилятора, шахтную сушилку с двумя секциями для сушки зерна и секцией для охлаждения зерна.

Установка работает следующим образом.

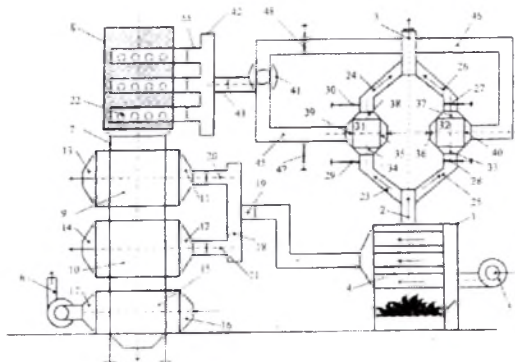
Первый центробежный вентилятор подает предварительно подогретый в теплогенераторе воздух в сушильные секции, где он нагревает подающее «сверху вниз» зерно, при этом испаряется влага, содержащееся в зерне, то есть осуществляется процесс сушки зерна.

Второй центробежный вентилятор осуществляет охлаждение зерна в камере охлаждения путем прогонки через нее наружного воздуха, при этом осуществляется дополнительная сушка зерна.

К недостатку сушильной установки следует отнести пониженную эффективность ее работы, которая обусловлена тем, что только часть тепловой энергии, получаемой при сжигании древесины в теплогенераторе, идет на нагрев сушильного агента, а вторая часть выбрасывается в наружную среду с дымовыми газами.

Для повышения эффективности работы зерносушилки она снабжена двумя теплообменниками-утилизаторами теплоты дымовых газов, перфорированными воздухораспределительными трубами, дополнительным центробежным вентилятором, а дымовая труба теплогенератора выполнена из двух верхней и нижней секций.

Усовершенствованная конструкция зерносушилки приведена на фиг.1.



Установка для сушки зерна содержит теплогенератор 1 с дымовой трубой, которая выполнена из двух нижней 2 и верхней 3 секций, основной теплообменник 4, расположенный в теплогенераторе; два основных центробежных вентилятора 5, 6; шахтную сушилку 7 с бункером 8 для зерна, которая оборудована двумя сушильными секциями 9, 10 с распределительными 11, 12 и собирающими 13, 14 коллекторами теплого воздуха, и секцией 15 для охлаждения зерна с распределительным 16 и собирающим 17 коллекторами холодного воздуха; основной распределительный коллектор 18 с входным патрубком 19 и выходными 20 и 21.

Установка для сушки зерна снабжена перфорированными воздухо-распределительными трубами 22, четырьмя трубами-дымоходами 23, 24, 25, 26 с шиберами 27, 28, 29, 30; двумя дополнительными теплообменниками 31, 32 с распределительными 33, 34, 35, 36 и собирающими коллекторами 37, 38, 39, 40 дымовых газов и холодного воздуха; дополнительными центробежным вентилятором 41 и распределительным коллектором 42 теплого воздуха с входным патрубком 43 и выходными патрубками 44; двумя воздуховодами 45, 46 с шиберами 47, 48.

Сушильные секции 9, 10 зерна шахтной сушилки 7 через собирающие коллекторы 13, 14 теплого воздуха сообщены с наружной средой и через распределительные коллекторы 11, 12, основной распределительный коллектор 18 с входным патрубком 19 и выходными 20 и 21, основной теплообменник 4 присоединены к выходу центробежного вентилятора 5, вход которого сообщен с наружной средой, с которой также сообщен распределительный коллектор 16 холодного воздуха секции 15 охлаждения зерна, собирающий коллектор 17 холодного воздуха которой присоединен ко входу центробежного вентилятора 6, выход которого сообщен так же с наружной средой.

Секции 2 и 3 дымовой трубы теплогенератора 1 установлены с вертикальным зазором и к ним соответственно присоединены распределительные коллекторы 33, 34 дымовых газов дополнительных теплообменников 31, 32 через трубы-дымоходы 23, 25 с шиберами 28, 29 и собирающие коллекторы 37, 38 дымовых газов этих теплообменников через трубы-дымоходы 24, 26 с шиберами 27, 30.

Перфорированные воздухо-распределительные трубы 22 расположены в бункере 8 для зерна и присоединены через дополнительный распределительный коллектор 42 с входным патрубком 43 и выходными патрубками 44 к выходу дополнительного центробежного вентилятора 41, ко входу которого присоединены собирающие коллекторы 39, 40 холодного воздуха дополнительных теплообменников 31, 32 соответственно через воздуховод 45 с шибером 47 и воздуховод 46 с шибером 48. Распределительные коллекторы 36, 35 холодного воздуха дополнительных теплообменников 31 и 32 сообщены с наружной средой.

Для утилизации теплоты дымовых газов поступающих в секцию 2 дымовой трубы теплогенератора 1, работающего на твердом топливе (отходы древесины), применены в конструкции установки для сушки зерна кожухотрубные теплообменники (31 и 32), теплопередающие трубы которых выполнены из нержавеющей стали.

Установка для сушки зерна работает следующим образом.

Перед вводом в работу установки шиберы 27, 28 и 48 закрыты, а шиберы 29, 30 и 47 – открыты, при этом обеспечивается работа дополнительного теплообменника 31.

Подключают к электросети двигатель вентилятора 5 и он подает холодный воздух в топку теплогенератора 1 и в секции 9, 10 сушки зерна через основные теплообменник 4 и распределительный коллектор 18, после чего вводят в работу теплогенератор 1 путем сжигания твердого топлива в топке теплогенератора 1. При сжигании топлива в топке теплогенератора образуются высокотемпературные дымовые газы, часть тепловой энергии которых идет на нагрев холодного воздуха, проходящего через теплообменник 4, а другая часть тепловой энергии дымовых газов выбрасывается в окружающую среду с дымовыми газами, которые из теплогенератора 1 сначала поступают в секцию 2, а затем в секцию 3 дымовой трубы через теплообменник 31.

После этого вводят в работу вентилятор 41 и он начинает подавать воздух в массив

зерна бункера 8 через перфорированные трубы 22, предварительно подогретого в теплообменнике 31 второй частью теплоты дымовых газов теплообменника.

Теплый воздух, проходя через массив зерна, предварительно нагревает зерно перед подачей его в шахтную сушилку 7. Затем при непрерывной работе вентиляторов 5 и 41, теплогенератора 1 и теплообменника 31 подают зерно из бункера 8 в шахтную сушилку 7 и вводят в работу вентилятор 6.

Падая по шахте сверху вниз, зерно проходит через сушильные секции 9, 10, где нагревается дополнительно теплым воздухом, подаваемым вентилятором 5 в секции 9, 10.

При нагреве зерна влага, содержащаяся в нем, переходит в пар, который вместе с охлажденным теплым воздухом в секциях 9 и 10 выбрасывается в окружающую среду через коллекторы 13 и 14 секций. Зерно, высушенное в секциях 13 и 14, затем поступает в секцию охлаждения 15, где охлаждается холодным воздухом, протягиваемым через секцию вентилятором 6. После секции охлаждения зерно поступает в разгрузочное устройство.

При непрерывной работе теплообменника 31, в котором осуществляется процесс нагрева холодного воздуха за счет теплоты дымовых газов теплогенератора, температура дымовых газов понижается перед поступлением их в окружающую среду через секцию 3 дымовой трубы.

При движении дымовых газов через теплообменник 31 на внутренних поверхностях теплопередающих труб оседают углерод в виде сажи, пылинки золы, образующиеся при сжигании твердого топлива. Кроме того, при понижении температуры дымовых газов в теплообменнике 31 происходит процесс конденсации водяных паров и паров смолы на внутренней поверхности теплопередающих труб.

Образующийся слой грязи на внутренней поверхности труб, состоящий из сажи, золы и смолы, уменьшает коэффициент теплопередачи теплообменника, а, следовательно, и его тепловую мощность.

Для восстановления тепловой мощности теплообменника 31 необходимо периодически очищать внутренние поверхности теплопередающих труб от слоя грязи, не прерывая работу сушильной установки. Для этого открывают шиберы 27, 28 и 48 и закрывают шиберы 29, 30 и 47.

В этом случае в работу вводится дополнительный теплообменник 32 и прекращает работать теплообменник 31.

Для очистки теплопередающих труб теплообменника 31 от слоя грязи демонтируют коллекторы 34 и 38 и производят очистку труб механическим и химическим способами. Далее процесс работы установки для сушки зерна повторяется.

Зерносушилка имеет повышенную эффективность работы за счет дополнительного использования при помощи дополнительных теплообменников теплоты дымовых газов теплогенератора для предварительного нагрева зерна в бункере перед подачей его в шахтную сушилку, в результате чего уменьшается расход топлива на сушку зерна.

Конструкция зерносушилки защищена патентом ВУ 5451 F 26B/9/06; 17/00 2009

УДК 621.3.013:628.31

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ СИЛОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПЕРЕМЕННОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ВОДНЫЕ ДИСПЕРСНЫЕ СИСТЕМЫ

Кругов А.В., к.т.н., доцент, Бойко М.А. инженер

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

Одним из основных уравнений переменного во времени электромагнитного поля является первое уравнение Максвелла, которое представляет собой дифференциальную форму записи закона полного тока [1]

$$\operatorname{rot} \vec{H} = \gamma \vec{E} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}, \quad (1)$$

где $\vec{H}$ - вектор напряженности магнитного поля, А/м;

$\vec{E}$ - вектор напряженности электрического поля, В/м;

$\vec{D}$ - вектор электрического смещения, Кл/м²;

γ - удельная электрическая проводимость, См/м;

Для сред с постоянной диэлектрической проницаемостью

$$\operatorname{rot} \vec{H} = \gamma \vec{E} + \varepsilon_a \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}, \quad (2)$$

где $\varepsilon_a = \varepsilon_r \varepsilon_0 = \text{const}$ - абсолютная диэлектрическая проницаемость, Ф/м;

ε_r - относительная диэлектрическая проницаемость, ε_0 - электрическая постоянная,

$$\varepsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м};$$

Для предельных диэлектриков с проводимостью $\gamma = 0$

$$\operatorname{rot} \vec{H} = \varepsilon_a \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}.$$

Магнитное поле в данном случае возбуждается изменяющимся во времени электрическим полем без участия тока проводимости, что характерно для отдельных водных дисперсных систем.

Известно, что электромагнитное поле, как вид материи, характеризуется четырьмя векторными величинами $\vec{E}, \vec{D}, \vec{B}, \vec{H}$,

где $\vec{B}$ - вектор магнитной индукции, Тл.

Для сред с постоянной диэлектрической и магнитной проницаемостью эти векторы связаны соотношениями [1-2]

$$\vec{D} = \varepsilon_a \vec{E}; \quad \vec{B} = \mu_a \vec{H},$$

где $\mu_a = \mu_r \mu_0$ - абсолютная магнитная проницаемость, Гн/м; μ_r - относительная магнитная проницаемость, μ_0 - магнитная постоянная, $\mu_0 = 1,256 \cdot 10^{-6}$ Гн/м.

Для любого изотропного вещества переменное электромагнитное поле определяется следующей системой уравнений [3]

$$\operatorname{rot} \vec{H} = \gamma \vec{E} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}, \operatorname{rot} \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}, \quad (3)$$

$$\operatorname{div} \vec{D} = \rho, \operatorname{div} \vec{B} = 0, \quad (4)$$

$$\vec{D} = \varepsilon_a \vec{E}, \vec{B} = \mu_a \vec{H}, \quad (5)$$

где ρ - объемная плотность заряда, Кл/м³.

Электрические и магнитные поля связаны непрерывными взаимными превращениями и представляют собой различные проявления единого электромагнитного поля, которое находится в движении и несет с собой запас энергии.

Дисперсные водные системы в дальнейшем исследовании будем рассматривать как неидеальные диэлектрики. В сельскохозяйственном производстве в качестве примера таких дисперсных водных систем являются сточные воды различных технологических процессов, дренажные воды тепличных комбинатов и другие среды. Неидеальный диэлектрик - это среда, в которой преобладает явление поляризации и существуют свободные заряды, способные перемещаться под действием поля. В переменном электромагнитном поле ток смещения больше тока проводимости ($\frac{\gamma}{\omega \varepsilon_a} < 1$). Следовательно, в подобных случаях

необходимо учитывать как диэлектрические свойства среды (ε), так и проводящие (γ) ее свойства. В гармоническом поле диэлектрическую среду характеризуют комплексной

$$\text{диэлектрической проницаемостью } \underline{\epsilon} = \epsilon_0 - j \gamma / \omega \epsilon_0. \quad (6)$$

Для описания процессов электромагнитной обработки жидких, слабопроводящих сред используем уравнения электрогидродинамики [4]. С учетом отсутствия магнитных полей и слабой проводимости уравнения Максвелла будут

$$\text{rot } \vec{E} = 0, \quad (7)$$

$$\text{div } \vec{E} = -\frac{\rho_e}{\epsilon}, \quad (8)$$

Закон сохранения заряда

$$\frac{\partial \rho_e}{\partial t} + \text{div } \vec{J} = 0. \quad (9)$$

$$\text{Закон Ома } \vec{J} = \rho_e (\vec{V} + k \vec{E}) - D \text{div } \rho_e, \quad (10)$$

где ρ_e - объемная плотность заряда ионов, частиц, Кл/м³;

k - коэффициент подвижности ионов, $\frac{\text{м}^2}{\text{Вс}}$;

D - коэффициент диффузии, $\frac{\text{м}^2}{\text{с}}$.

Уравнения гидродинамики:

$$\frac{\partial \vec{V}}{\partial t} + [\vec{V} \nabla] \vec{V} = \frac{1}{\rho_{dc}} \vec{F}_0 - \frac{1}{\rho_{dc}} \nabla p + \nu \nabla^2 \vec{V} + \frac{\rho_e}{\rho_{dc}} \vec{E} + \frac{\epsilon - \epsilon_0}{2\rho_{dc}} \nabla \vec{E}^2; \quad (11)$$

$$\text{div } \vec{V} = 0, \quad (12)$$

где $\vec{V}$ - вектор скорости течения жидкой среды, $\frac{\text{м}}{\text{с}}$;

ρ_{dc} - плотность движущейся жидкой среды, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$;

∇ - оператор Гамильтона;

ν - кинематический коэффициент вязкости, $\frac{\text{м}^2}{\text{с}}$;

p - нормальное давление в жидкости, Па ($1 \text{ Па} = 1 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$);

$\vec{F}_0$ - объемная сила неэлектромагнитного происхождения, $\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ ($1 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 1 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$).

Уравнения (7) - (12) составляют систему уравнений электрогидродинамики. Пондеромоторные силы (силы электромагнитного происхождения) в уравнении (11)

представлены электрической составляющей $\vec{F}_e = \rho_e \vec{E} + \frac{\epsilon - \epsilon_0}{2} \nabla \vec{E}^2$.

Граничные условия на поверхности раздела двух неидеальных диэлектриков:

$$D_{1\text{норм}} = D_{2\text{норм}}; \quad (13)$$

$$D_{1\text{т}} - D_{2\text{т}} = \sigma \text{ или } \epsilon_{01} E_{1\text{н}} - \epsilon_{02} E_{2\text{н}} = \sigma; \quad (14)$$

$$E_{1\text{т}} = E_{2\text{т}}. \quad (15)$$

То есть, нормальные составляющие вектора полного электрического смещения непрерывны (13), нормальные составляющие вектора электрического смещения претерпевают скачок (14), а тангенциальные составляющие вектора напряженности электрического поля, как и у неидеального проводника, непрерывны (15).

Граничные условия на поверхности раздела неидеального проводника и неидеального диэлектрика:

$$(\gamma_1 + \varepsilon_{a1} \frac{\partial}{\partial t}) E_{1n} = (\gamma_2 + \varepsilon_{a2} \frac{\partial}{\partial t}) E_{2n}. \quad (16)$$

Выводы

1. Конвективный перенос зарядов и диффузия, несущественные в магнитной гидродинамике, в электрогидродинамических задачах играют определяющую роль и пренебрегать ими нельзя.

2. Если в непроводящую жидкость поместить диэлектрик с отличными от жидкости диэлектрической ε и магнитной μ проницаемостью, то при воздействии на дисперсную среду электрического поля на тела в жидкости будут действовать пондеромоторные силы.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле / Л. А. Бессонов. – Москва : Гардарики, 2003. – 320 с.
- 2 Теоретические основы электротехники : в 3 т. / К. С. Демирчян [и др.]. – Спб. : Питер, 2003. Т.3. – 377 с. – Содерж. : Теория электромагнитного поля.
- 3 Татур, Т.А. Основы теории электромагнитного поля: Справочное пособие. – М.: Высш. шк., 1989. – 271 с.
- 4 Повх, И.Л. Техническая гидромеханика. 2-е изд., доп. Л., «Машиностроение» (Ленингр. отд-ние), 1976. – 504 с.

ЛИНЕЙНЫЙ АСИНХРОННЫЙ ПРИВОД НЕКОТОРЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МЕХАНИЗМОВ В АПК

Малайчук Л.М., канд. техн. наук, доцент

Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

Санкт-Петербург, РФ

Повышение продовольственной безопасности России возможно при эффективной работе агропромышленного комплекса (АПК), например, тепличных хозяйств, животноводческих и молочных комплексов. В связи с этим к технологическим процессам (ТП) в АПК, их машинам и механизмам повышаются требования: по энергетическим показателям, по управлению технологическими процессами; по безопасности; по удобству обслуживания; по повышению производительности труда.

В сфере животноводства и тепличного хозяйства используют много машин и механизмов с поступательным или возвратно-поступательным движением рабочего органа, поэтому возможно рассмотреть применение линейных асинхронных двигателей для этих агрегатов.

Линейные электродвигатели позволяют непосредственно осуществить поступательное движение без механического контакта между первичной (обычно статором) и вторичной (ротором) структурами, следовательно, исключить передаточный механизм. При этом значительно упрощается кинематическая схема, повышается надежность, точность управления, а сами линейные электродвигатели хорошо приспособляются к исполнительному механизму, обладают технологичностью в производстве и меньшим расходом стали благодаря малоотходному раскрою [1].

На практике применяются линейные двигатели постоянного тока (в основном — шаговые), асинхронные (ЛАД), синхронные (ЛСД) и электромагнитные (ЛЭМД). Наибольшее распространение получили линейные асинхронные двигатели в силу их конструктивной простоты, дешевизны, технологичности изготовления, надежности, разнообразия конструктивных решений.

Известно о широком и успешном использовании ЛАД в приводах конвейеров, робототехнических комплексов, задвижек для трубопроводов, плунжерных насосов, ткацких станков, в рудничном транспорте, металлургии и многом другом.

В агропромышленном комплексе используются линейные электроприводы

колебательного движения в зерноперерабатывающей и пищевой промышленности [2], в *транспортных системах*.

Один из перспективных видов внутреннего транспорта представляет собой монорельсовый. Такая система может использоваться как между рядами в теплицах, так и в животноводческих фермах. В теплицах в качестве внутреннего транспорта применяются тележки (самопередвижные), на фермах – кормораздатчики.

Такой вид транспортной системы обладает рядом преимуществ, таких как мобильность, экологичность, организация электропитания от различных источников, возможность регулирования скорости, организация управления транспортной системы.

В настоящее время применяют механизмы (тележки и кормораздатчики), в которых для преобразования электроэнергии в поступательное движение, используется электропривод на основе вращающегося электродвигателя. Такой системе присущи недостатки:

- необходимость ввода в систему редуктора, в котором имеются вращающиеся детали, требующие обслуживания. При этом сам редуктор снижает надёжность системы, КПД в целом;

- наличие ведущих колес, которые с течением времени стираются, происходит засорение контактной поверхности, что в свою очередь ухудшает сцепление, увеличивается сопротивление движению. При этом сцепление из-за неравномерного износа и степени загрязнения изменяется в различных местах неравномерно, коэффициент сцепления изменяется с течением времени, поэтому для передачи необходимого крутящего момента на колеса, необходимо рассчитывать и подбирать радиус ведущих колес, который ограничен особенностями направляющей конструкции.

Альтернативным типом электропривода монорельсовых транспортных систем может быть *линейный асинхронный привод*, который имеет явные преимущества:

- отсутствие звена передачи тягового усилия «колесо - двутавр», то есть упрощение кинематической схемы.

- отсутствие вращающихся деталей, следовательно, повышение надёжности;

- возможность более точного регулирования скорости;

- организация электропитания от различных систем;

- уменьшение габаритов;

- увеличение грузоподъёмности, а равно и производительности;

- использование нормального усилия для разгрузки роликов;

- более простая конструкция, возможность перестановки тележки и кормораздатчик на другие линии междурядьев;

- в случае прекращения подачи электропитания тележка или кормораздатчик могут быть легко доставлены в необходимое место.

ЛИТЕРАТУРА

1. Епифанов, А.П. Электрические машины: Учебник. - СПб.: Лань, 2006. – 272с.: ил.; ISBN 5-8114-0669-X.

2. Аипов, Р.С. Линейные электрические машины и приводы на их основе: Учебное пособие. – Уфа: БГАУ, 2003. – 201с. – ISBN 5-7456-0061-6.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ЗОНЫ ОКИСЛЕНИЯ БИОМАССЫ В ТЕПЛОГАЗОГЕНЕРАТОРАХ

Марушко, В.А.

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

Будем рассматривать идеализированный случай, когда при горении и газификации углеродсодержащей биомассы, в зоне окисления реактора теплогазогенератора имеют место следующие реакции[1]:

$$\begin{aligned}C + O_2 &= CO_2, \\2C + O_2 &= 2CO, \\2H_2 + O_2 &= 2H_2O.\end{aligned}\quad (1)$$

При построении математической модели зоны окисления (горения) биомассы примем модель реактора идеального смешения [2,3], которая в нашем случае имеет следующий вид[1] (уравнения покомпонентных балансов):

$$\frac{d(V^R x_1)}{dt} = v^{(0)} x_1^{(0)} - vx_1 + G \Sigma, \quad (2)$$

$$\frac{d(V^R x_2)}{dt} = v^{(0)} x_2^{(0)} - vx_2 + G \Sigma, \quad (3)$$

$$\frac{d(V^R x_3)}{dt} = v^{(0)} x_3^{(0)} - vx_3 + G \Sigma, \quad (4)$$

$$\frac{d(V^R x_4)}{dt} = v^{(0)} x_4^{(0)} - vx_4 + G \Sigma, \quad (5)$$

$$\frac{d(V^R x_5)}{dt} = v^{(0)} x_5^{(0)} - vx_5 + G \Sigma, \quad (6)$$

$$\frac{d(V^R x_6)}{dt} = v^{(0)} x_6^{(0)} - vx_6 + G \Sigma. \quad (7)$$

Уравнение теплового баланса имеет вид:

$$\frac{d(V^R C_p T)}{dt} = v^{(0)} C_p^{(0)} T^{(0)} - v C_p T + \Delta Q \Sigma, \quad (8)$$

где $x_1^{(0)}, x_2^{(0)}, x_3^{(0)}, x_4^{(0)}, x_5^{(0)}, x_6^{(0)}$ — начальные концентрации $C, O_2, CO_2, CO, H_2, H_2O$ соответственно, (кг/моль);

$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6$ — текущие концентрации $C, O_2, CO_2, CO, H_2, H_2O$ соответственно, (кг/моль);

$v^{(0)}, v$ — начальный и текущий поток массы, (кг/ч);

V^R — объем зоны окисления, (м³);

$C_p^{(0)}, C_p$ — начальная и текущая удельные теплоемкости смеси компонентов, (Дж/(кг град));

$T^{(0)}, T$ — начальная и текущая температура, (град);

$G \Sigma$ — интенсивность компонентов реакции в зоне окисления;

$\Delta Q \Sigma$ — интенсивность теплоты реакции в зоне окисления.

Интенсивность компонентов реакции в зоне окисления рассчитаем по формуле[2]:

$$G^R = V^R \times g^R, \quad (9)$$

где скорость реакции выражается, как[2]:

$$g_1^R = z_0^1 x_1 x_2 e^{-\frac{E_1^1}{RT}}, \quad (10)$$

$$g_2^R = z_0^2 x_1 x_2 e^{-\frac{E_2^2}{RT}}, \quad (11)$$

$$g_3^R = z_0^3 x_1 x_2 e^{-\frac{E_3^3}{RT}}. \quad (12)$$

где $z_0^i, i = 1..3$ — предэкспоненциальный множитель i -ой реакции;

$E_0^i, i = 1..3$ — энергия активации i -ой реакции;

$R = 8.314$ Дж/(моль град) — молярная газовая постоянная.

При нормально отлаженном производственном процессе САР основную часть времени работает в установившемся режиме. При этом объект управления прежде всего проявляется своими статическими свойствами, тем как он ведет себя при постоянных или очень медленно меняющихся воздействиях. Инерционно-динамические свойства объекта в установившемся режиме работы САР проявляются сравнительно не сильно, в отличие от переходного режима работы.

Поэтому очень важно иметь статическую характеристику объекта управления, чтобы построить полную модель объекта в статике. Особенность реальных объектов управления состоит в том, что они имеют несколько входных воздействий (управляющих и управляемых величин), а также и несколько выходных, управляемых. Другими словами, управляемые величины объекта представляют собой функции нескольких переменных и эти функции, как правило, нелинейные. Традиционные аналитические методы описания и моделирования таких многомерных нелинейных объектов довольно трудоемки и не применялись широко в инженерной практике. Традиционно объект старались как можно быстрее линеаризовать, а потом исследовать и оптимизировать относительно его работы по приращениям воздействия в выбранной рабочей точке.

С появлением в арсенале инженера компьютерных программ объектно-ориентированного моделирования (ООМ), например VisSim, ПК «MBTU», Simulink и др., появилась возможность моделирования многомерных нелинейных объектов в полном объеме при относительно малой трудоемкости этих работ.

Двумерную статическую характеристику объекта управления можно задать графически в виде семейства линий, таблицей или двумерной аналитической функцией, а также представить в трехмерном пространстве.

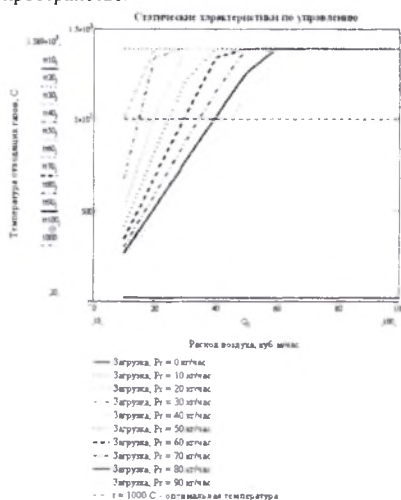


Рисунок 1 — Семейство статических характеристик по каналу управления, построенные в MathCAD 14.0 по данным табличного представления двумерной статической характеристики.

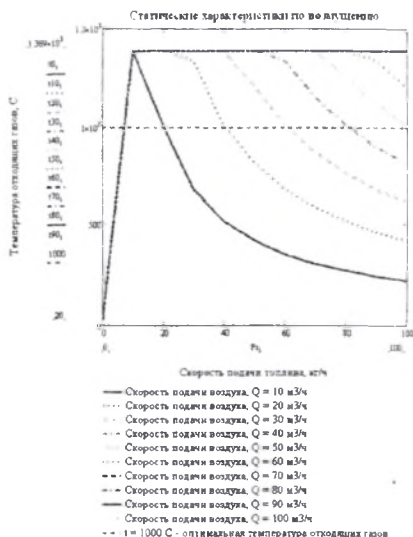


Рисунок 2 — Семейство статических характеристик по каналу возмущения, построенные в MathCAD 14.0 по данным табличного представления двумерной статической характеристики.

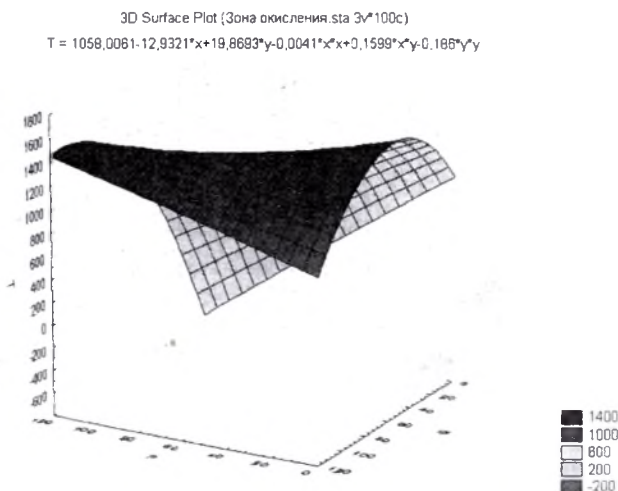


Рисунок 3 — 2D (двумерная) статическая характеристика зоны окисления реактора теплогазогенератора

ЛИТЕРАТУРА

1. Гартман, Т. Н. Основы компьютерного моделирования химико-технологических процессов : Учеб. пособие для вузов / Т. Н. Гартман, Д. В. Клушин. — М. : ИКЦ «Академкнига», 2006. — 416 с

2. Бесков, В. С., Сафронов, В. С. Общая химическая технология и основы промышленной экологии: Учебник для вузов. — М.: Химия, 1999. — 472 с.
3. Байрамов, В. М. Основы химической кинетики и катализа: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений — М.: ИЦ «Академия», 2003. — 256 с.
4. Байрамов, В. М. Химическая кинетика и катализ: Примеры и задачи с решениями: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений М.: ИЦ «Академия», 2003. - 320 с.

УДК: 539.2:537.9

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕРМОДАТЧИКОВ

Митюк В.И., Ткаченко Т.М., к.ф.-м.н., Чеченина Е.П., к.ф.-м.н.

Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по материаловедению

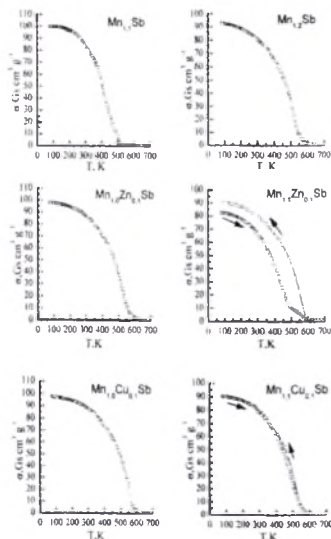
*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь*

По мере истощения ископаемых энергоресурсов в связи с деятельностью человека, всё более актуальной становится не только задача поиска новых альтернативных источников энергии, но и задача энергосбережения. Одним из путей решения этой задачи является контроль температурных режимов энергоёмких технологических процессов, в том числе процессов, используемых в ходе хозяйственной деятельности агропромышленного комплекса.

Как известно, контроль температурных режимов осуществляется при помощи различных термодатчиков. Существует целый класс магнитных материалов, пригодных для изготовления термодатчиков, применяемых в магнито-механических устройствах.

К числу материалов подходящих для изготовления термодатчиков относятся соединения переходных металлов с элементами III-IV групп периодической системы, имеющие кристаллическую структуру типа B8 и разнообразные магнитные свойства. Например, антимонид марганца $Mn_{1+\delta}Sb$, который имеет кристаллическую структуру типа B8 и протяжённую область гомогенности $0 \leq \delta \leq 0,30$ [1]. Он обладает результирующим магнитным моментом, и классифицируется как ферромагнетик ($\delta=0$) или ферримагнетик ($\delta>0$). Содержание марганца существенно влияет на физические свойства соединения, например, температура магнитного фазового перехода T_C снижается от 600K до 300K при увеличении δ [2], поэтому возможность смещения верхней границы содержания металла представляет практический интерес. На базе антимонида марганца, частичным замещением марганца на другие переходные металлы (хром, железо, кобальт и т.д.) получают разнообразные материалы, также широко используемые в технике, например, при изготовлении аккумуляторных батарей [3-4].

В данной работе предложен новый способ синтеза магнитного материала на основе антимонида марганца при замещении марганца диамагнитными медью и цинком. Методом прямого сплавления порошков исходных компонентов в однозонной печи сопротивления в вакуумированных до 10^{-3} мм рт. ст. кварцевых ампулах получены сплавы $MnMe_{0,1}Sb$ (где Me – Cu или Zn).



Синтез материала был проведен по следующей схеме:

1. Медленный (в течение 24 час) разогрев гомогенной смеси исходных компонентов, взятых в требуемых весовых соотношениях, до температуры $T=900-950^{\circ}\text{C}$.
2. Выдержка при $T=900-950^{\circ}\text{C}$ в течение 4 часов.
3. Охлаждение в течение нескольких часов от 950°C до $840-860^{\circ}\text{C}$ (температура кристаллизации никельарсенидной фазы).
4. Отжиг при $T=840-860^{\circ}\text{C}$ в течение 24 часов.
5. Закалка от $T_{\text{отж}}$ в воду со льдом.

Все исходные материалы (Mn, Zn или Cu, Sb) имели чистоту не хуже 99,99%.

Для каждого синтеза был проведен рентгенофазовый анализ.

Анализ показал, что полученные материалы поликристаллические и имеют никельарсенидную кристаллическую структуру типа B8.

Для проведения магнитных измерений использована установка, работающая по методу

Фарадея, и позволяющая исследовать температурные зависимости намагниченности и магнитной восприимчивости при малых количествах образца. Измерения проводились в диапазоне температур 77K-700K.

Приведены результаты магнитных измерений для антимонидов без допирования медью или цинком и полученных новых материалов. В сплаве состава $\text{MnZn}_{0.1}\text{Sb}$ наблюдается повышение температуры магнитного фазового перехода по сравнению с материалом состава $\text{Mn}_{1.1}\text{Sb}$. Для $\text{Mn}_{1.1}\text{Sb}$ температура перехода составляет $T_K \approx 423 \text{ K}$ [2], для $\text{Mn}_{1.0}\text{Zn}_{0.1}\text{Sb}$ - $T_K \approx 570 \text{ K}$. Аналогичное повышение температуры перехода в немагнитное состояние наблюдается и при замещении марганца медью: для материала состава $\text{Mn}_{1.0}\text{Cu}_{0.1}\text{Sb}$ температура магнитного перехода составляет - $T_K \approx 590 \text{ K}$.

Представляет интерес исследование свойств антимонида марганца с большим содержанием легирующих компонентов.

Для повышения содержания меди или цинка, вводимых в антимонид марганца со структурой типа B8, был использован двух стадийный синтез материалов. На первой стадии получали сплавы по вышеописанной технологии. На второй стадии, полученные сплавы спекали при высоких температурах (порядка 2300°C) и высоких давлениях (порядка $7 \times 10^9 \text{ н/м}^2$). Затем материалы закаляли в воду.

Оказалось, термобарический синтез твердых растворов типа B8 антимонида марганца с медью и цинком приводит к увеличению содержания меди в растворе до 30 ат. % и не приводит к аналогичному увеличению содержания цинка. Полученные, твердые растворы являются метастабильными и разрушаются при $T > 450 \text{ K}$. Магнитные характеристики твердых растворов антимонида марганца с медью и цинком (величины удельных намагниченностей и точки Кюри) существенно отличаются от характеристик $\text{Mn}_{1.5}\text{Sb}$. Мессбауэровские измерения показали, что применение метода термобарической обработки ведет к ослаблению межатомных магнитных взаимодействий в твердых растворах антимонида марганца с медью и цинком по сравнению с взаимодействиями в растворах, полученных методом прямого сплавления компонент.

Таким образом, синтезированы новые магнитные материалы MnMeSb (где Me – Cu или Zn) с магнитными свойствами, отличающимися от свойств исходного незамещенного антимонида марганца. Достигнутое разнообразие магнитных свойств позволяет более широко применять полученные материалы в магнитомеханических устройствах, в том числе температурных датчиках.

ЛИТЕРАТУРА

1. Teramoto I. and Van Run A.J.G. // Phys. Chem. Solids. 1968, V.99, p.347-355.
2. Yamaguchi Y., Watanabe H. and Suzuki T. // J. Phys. Soc. Japan. 1976, 41, p.703-704.
3. Negative electrodes for lithium cells and batteries: United States Patent: 6,855,460. Publication date: 15.02.2005.
4. Ionica C.M., Lippens P.E., Fourcade J.O., Jumas J.-C. // Journal of Power Sources. 2005, V.146, p.p. 478–481.
5. Thackeray M.M., Vaughan J.T., Johnson C.S., Kropf A.J., Benedek R., Fransson L.M.L., Edstrom K. // Journal of Power Sources. – 2003. – Vol.113, № 1. – P. 124-130.
6. В.И. Митюк, В.М. Рыжковский, Т.М. Ткаченко. Магнитный материал. Патент Республики Беларусь № 11937 (приоритет от 10.10.2007г.)
7. Г.И.Маковцкий, О.Ф.Демиденко, Т.М.Ткаченко. Магнитный материал. Патент Республики Беларусь № 12025 (приоритет от 24.03.2008г.)

УДК 62-83: 621.313.333: 621.316.9

АППАРАТ ПРЕДУСКОВОГО КОНТРОЛЯ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ – СРЕДСТВО РЕСУРСОБЕРЕЖЕНИЯ

Мурашко В.В., магистрант

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

Развитие сельскохозяйственной техники тесно связано с применением автоматизированного электропривода. С каждым годом улучшается качество выпускаемых асинхронных электродвигателей. Однако их эксплуатационная надежность в сельском хозяйстве остается все еще недостаточной. В данной работе рассматривается устройство предпускового контроля напряжения сети и состояния изоляции обмоток асинхронного электродвигателя. Устройство разрабатывается с целью повышения эксплуатационной надежности электрооборудования и ресурсосбережения в сельском хозяйстве.

В [1] указано, что неполнофазный режим (обрыв фазы) является причиной выхода из строя электродвигателей в 40...50 % случаев, стопорный режим (заторможенный ротор) – в 20...25 % случаев, увлажнение обмотки (понижение сопротивления изоляции) – в 10...15 % случаев, нарушение охлаждения – в 8...10 % случаев. Эти данные могут изменяться в зависимости от применяемого в хозяйстве технологического оборудования, условий эксплуатации и надежности электрических сетей.

Анализ устройств контроля неполнофазного режима показал, что для предпускового контроля наличия всех фаз в сети наиболее просто использовать фильтр напряжения обратной последовательности. Кроме контроля неполнофазного режима он обеспечит дополнительную функцию – контроль порядка чередования фаз.

Схема фильтра обратной последовательности с блоком контроля выходного напряжения указанного фильтра изображена на рисунке 1.

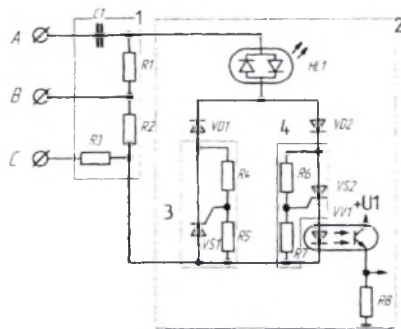


Рисунок 1. Схема фильтра напряжения обратной последовательности с блоком контроля выходного напряжения.

Входы фильтра напряжения обратной последовательности 1 присоединены к фазам питающей сети, а выходы – к блоку 2 контроля выходного напряжения указанного фильтра, состоящего из двух параллельных цепочек. В первую цепочку последовательно включены первый диод VD2, светодиод HL1 “Неполнофазный режим”, первый динистор 4, составленный по схеме – аналоге на базе тиристора и вход оптрона VV1 (транзисторной оптопары). Во вторую цепочку, последовательно и встречно первой цепочке, включены второй динистор 3, составленный на базе тиристора, второй диод VD1 и светодиод HL1 “Обратное чередование фаз”.

Если в сети пропало напряжение в одной фазе, то на выходе блока 1 фильтра обратной последовательности возникает напряжение, достаточное для открытия динистора 4, отчего светится диод HL1 (**красным цветом**) и открывается оптопара VV1.

Если в сети случилось обратное чередование фаз, то напряжение на выходе блока 1 фильтра обратной последовательности увеличивается примерно в два раза, отчего пробиваются динисторы 3, 4 и загорается светодиод HL1 (**желтым цветом**) “Обратное чередование фаз”. Сработает оптопаратранзистор VV1.

Блок коммутации включает кнопку SB2 “Пуск” и кнопку SB1 “Стоп”, электромагнитный пускатель КМ, имеющий силовые контакты КМ и электротепловое токовое реле КК. В цепи электромагнитного пускателя КМ включен электронный ключ VS1 на базе симистора, который управляется симисторной оптопарой VV1. Параллельно цепи из симистора VS1 и электромагнитного пускателя КМ включен вход транзисторной оптопары VV2. Рисунок 2.

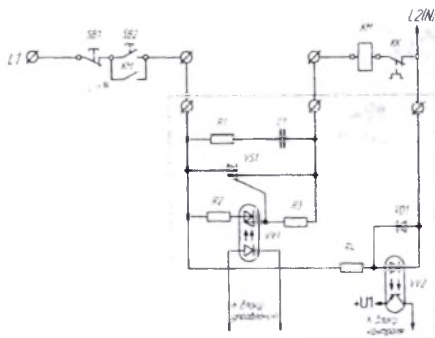


Рисунок 2. Схема блока коммутации.

Данная схема позволяет разрешать и запрещать включение пускателя КМ при помощи симистора VS1 которым управляет оптопара VV1. Также схема позволяет контролировать

состояние пускателя КМ (включено, выключено) по сигналу от оптопары VV2. Применение оптопар обусловлено простотой их управления и наличием гальванической развязки между управляемой и управляющей цепью.

Блок контроля сопротивления изоляции асинхронного двигателя, состоит из следующих функциональных блоков. Датчик тока утечки 1 имеет первичную токовую обмотку ТА, включенную через замыкающий контакт блока задержки 4 и резистор R1 параллельно силовым замыкающим контактам КМ одной фазы электромагнитного пускателя КМ. Вторичная обмотка датчика тока 1 подает сигнал на блок измерения тока утечки и блок защитного отключения.

Трансформатор тока утечки ТА включается в сеть. Через его первичную обмотку течет переменный ток утечки, который ограничен сопротивлением изоляции $R_{\text{изол}}$ и сопротивлением резистора R1, т.е.

$$I_{\text{ут}} = \frac{U_{\phi}}{R_{\text{изол}} + R_1} \quad (1)$$

Поскольку $R_1 \ll R_{\text{изол}}$, то ток утечки определяется сопротивлением изоляции.

Ток утечки вызывает в трансформаторе ТА электромагнитный поток, пропорциональный ему, а также ЭДС во вторичной обмотке, пропорциональную току утечки. Эту ЭДС измеряют – блок измерения тока утечки и блок УЗО. Если уровень тока утечки выше нормы, то на выходе блока измерения появится сигнал запрещающий включение пускателя КМ.

Если уровень тока утечки ниже нормы, то блок измерения выдает разрешающий сигнал на включение пускателя КМ. В таком состоянии переменное напряжение частотой 50 Гц подводится к обмотке двигателя, вызывая ток утечки через изоляцию. Этот ток в свою очередь вызывает Джоулевые потери в изоляции, благодаря чему изоляция подсушивается.

Если случится замыкание обмотки на корпус, или увлажнение изоляции обмоток достигнет величины недопустимого значения и ток утечки возрастет до 5...10 мА, опасной для жизни человека или животного, то вступает в работу блок 3 защитного отключения. Сигнал поступает в блок 4 (задержки включения) и мгновенно отключает первичную цепь трансформатора тока ТА, обесточивая обмотку асинхронного двигателя.

При возникновении токов КЗ их ограничивает резистор R1, сохраняя в целостности первичную обмотку трансформатора ТА и замыкающий узел блока задержки включения 4, пока тот не разомкнет цепь. Использование в устройстве блока 3 защитного отключения обеспечивает электробезопасность и повышает надежность работы устройства.



Рисунок 3. Блок схема устройства контроля сопротивления изоляции.

Таким образом нами обосновано, что для создания аппарата предпускового контроля необходимы блок контроля напряжения сети, блок коммутации, блок логического суммирования и блок контроля сопротивления изоляции обмотки. Последний должен включать в себя блок УЗО и блок задержки включения цепи датчика тока утечки. Разработан также аппарат предпускового контроля асинхронного электродвигателя с использованием микропроцессора. Применение данного аппарата обеспечивает ресурсосбережение.

1. Грундулис А.О. Защита электродвигателей в сельском хозяйстве: / А.О. Грундулис. – 2-е изд. – М.: Агропромиздат, 1988. – 111с.

ОЦЕНКА ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ В АГРАРНЫХ РАЙОНАХ

Оганезов И.А., к.т.н., доцент, Гургенидзе И.И., к.э.н., с.н.с.

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

Проблемы энергосбережения и ресурсосбережения приобретают в настоящее время все большую актуальность для аграрных районов Республики Беларусь в связи с истощением невозобновляемых энергетических ресурсов и увеличением их стоимости. Злободневность этой проблемы также обусловлена ростом отрицательных последствий «парникового эффекта» для экологии, связанного с выбросами в атмосферу остатков органического топлива.

Как показывает практический опыт многих стран СНГ и дальнего зарубежья, применение систем автоматизированных электроприводов переменного тока вместо нерегулируемых позволяет получить существенную экономию электрической энергии, снижение эксплуатационных расходов, увеличить срок службы электродвигателей, значительно сократить численность обслуживающего персонала и уровень шума.

Наиболее значительной экономия электрической энергии и других материальных ресурсов получается для электроприводов насосов, вентиляторов, компрессоров и других турбомеханизмов, где ранее применялся нерегулируемый электропривод и регулирующие заслонки или вентили.

Во многих случаях экономия электроэнергии и других материальных ресурсов достигает 50 % и выше.

Применяемые в настоящее время в АПК Республики Беларусь электроприводы с нерегулируемыми асинхронными двигателями не удовлетворяют современным требованиям эксплуатации оборудования по энергосбережению.

В частности, для электроприводов систем водоснабжения, которые регулируются дросселированием, и водоотведения (канализационных насосных станций), регулирование производительности которых осуществляются по методу пуск-остановка, непроизводительные расходы электрической энергии составляют от 10 до 80 %, частые прямые пуски снижают надежность и долговечность двигателей и гидросистем, возникают частые гидравлические удары. Дополнительные отрицательные последствия традиционных технологий водоснабжения и водоотведения - перебои в водоснабжении населения, а также значительные затраты на техническое обслуживание и ремонт инженерных сооружений и коммуникаций.

Системы автоматизированных электроприводов переменного тока на базе асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором, лишённые отмеченных выше недостатков, позволяют получить достаточно высокие технико-экономические показатели работы и обеспечить при этом существенное сокращение численности эксплуатационного персонала.

Внедрение современных систем автоматизации водоснабжения и водоотведения в производство целесообразно в связи с необходимостью снижения импорта энергоносителей из России в Беларусь (природного газа, нефти, каменного угля), энергосбережения в сельском хозяйстве, повышения надежности водоснабжения и водоотведения в сельском ЖКХ и значительного снижения ремонтно-эксплуатационных расходов на данных объектах.

Кроме того, их использование позволит сэкономить до 10–15 % воды в артскважинах дополнительно. На данных объектах планируется установка новых систем сигнализации и GSM-связи, которые позволят предотвратить несанкционированный доступ к дорогостоящим системам автоматизации путем быстрого оповещения и вызова службы вневедомственной охраны.

Однако всегда ли правильно осуществляется выбор способа регулирования производительности насосного и другого оборудования? Нужен ли преобразователь частоты для решения конкретно рассматриваемой задачи, или достаточно ограничиться применением устройств плавного пуска?

Например, на заре применения преобразователей частоты (ПЧ), когда потребители не знали всех возможностей ПЧ, на ряде объектов их использовали только для плавного пуска электропривода или регулирования частоты вращения агрегата, которая задавалась при помощи ручного потенциометра.

В некоторых случаях в процессе эксплуатации выяснялось, что мощность преобразователя частоты выбрана избыточная, и, следовательно, на его приобретение затрачены лишние материально-технические средства.

К более неприятным последствиям приводило непродуманное применение преобразователей частоты для насосных и вентиляционных установок, в которых при увеличении расхода перекачиваемой среды производительности частотно-регулируемого агрегата становилось недостаточно.

В рекламных проспектах фирм — производителей электротехнического оборудования сообщается, что ПЧ при увеличении расхода может выдать сигнал на включение дополнительного агрегата (напрямую от сети), а при снижении расхода — на его отключение. И действительно, как правило, это так. Однако при этом не рассматривается вопрос о возможности работы нерегулируемого агрегата при открытых задвижке и регуляторе выходного давления. Последствием такого решения могут быть отключение электродвигателя нерегулируемого насосного агрегата защитной автоматикой или выход его из строя.

Следует отметить, что применение преобразователей частоты для снижения энергопотребления целесообразно далеко не для всех насосных или вентиляционных установок. Не секрет, что существуют такие виды установок, где напор, развиваемый агрегатами, превышает необходимый потребителям в 1,5–2,5 раза. В этих установках менее затратным средством может стать замена насосного или вентиляционного агрегата на другой, имеющий меньший номинальный напор и потребляемую мощность.

В 2007 г. специалистами РУП «Белинвестэнергосбережение» было проведено комплексное обследование объектов КУМПП ЖКХ г. Дрогичина. В результате проделанной работы выявлен резерв экономии не только за счет установки преобразователей частоты, но и за счет замены парка установленного «с запасом» насосного оборудования (КНС, котельные, артскважины) на современные энергоэффективные насосы, которые в состоянии обеспечить требуемые рабочие характеристики при меньшей потребляемой мощности.

Таким образом, преобразователи частоты приобретались уже на меньшие мощности для «новых» насосов, что также позволило сэкономить значительные средства на самой начальной стадии реализации проекта, если учесть, что 1 кВт мощности ПЧ стоит примерно 120 долл. США.

Серьезные неприятности доставляет неуважительное отношение к проблемам электромагнитной совместимости преобразователей частоты и установленного на объекте электротехнического оборудования. Как известно, преобразователи частоты при всех их положительных качествах могут при непродуманном их применении привести к:

- искажению синусоидальности входного тока преобразователя частоты, что может отрицательно сказаться на работе потребителей, питающихся от тех же шин, что и ПЧ;
- перегреву или даже выходу из строя электродвигателей или трансформаторов, получающих питание от ПЧ;

- излучению недопустимо высоких радиопомех, способных вызвать нарушение работы радиоэлектронного оборудования, расположенного вблизи от преобразователей частоты или их силовых кабелей.

На начальном этапе эксплуатации частотно-регулируемых приводов недостаточные навыки персонала могут привести к нарушению нормальной работы агрегатов и систем. Если в технических решениях электрической части не предусмотреть возможность отключения ПЧ и работы электродвигателя агрегата напрямую от сети, то такие случаи могут стать источниками аварийных ситуаций.

Первые проекты применения ПЧ, осуществленные на канализационных насосных станциях, не дали ожидаемой экономии электроэнергии. Более того, был зафиксирован ее перерасход. Причина оказалась в законе регулирования, (реализованном на внешнем пропорциональном регуляторе). Недостатки применения пропорционального регулятора проявлялись в том, что в часы максимальных притоков происходило включение дополнительного насосного агрегата, хотя при правильно выбранном законе регулирования вполне достаточно работы одного насоса. В часы малых притоков (в ночное время) частотно-регулируемый насосный агрегат работал в зоне очень низких значений КПД, поддерживая необходимый уровень (т.е. столб воды над собой) и откачивая «ведро в час».

Известно, что в комплект подавляющего большинства преобразователей частоты входят встроенные пропорционально-интегрально-дифференциальные регуляторы, с помощью которых обеспечивается автоматическое регулирование технологических параметров (давления, уровня и т.п.). Однако некоторые модификации преобразователей выпускаются без этих регуляторов. При установке такого преобразователя, например, на насосном агрегате, работающем в открытой системе теплоснабжения, поддерживать давление горячей воды придется ручным потенциометром, увеличивая задание частоты по мере открывания кранов в домах.

Приведенные примеры из практики применения преобразователей частоты для энергетических и других объектов показывают, что только в случае выбора правильного технического решения применение ПЧ действительно обеспечивает заказчику не только экономию энергетических ресурсов, но и надежность, и качество функционирования насосной, вентиляционной или компрессорной установки, удобство для эксплуатационного персонала и другие положительные эффекты.

Применение ПЧ представляет для заказчиков интерес в различных аспектах. Одних в наибольшей степени интересует уменьшение затрат на ремонт электродвигателей (чаще всего для канализационных насосных станций), других — уменьшение гидроударов при пуске и остановке насосных агрегатов. Некоторым более привлекательным эффектом от внедрения регулируемого электропривода представляется автоматическое выполнение ряда операций, таких как включение резервного агрегата или автоматическое повторное включение работавшего агрегата при исчезновении и последующем восстановлении питающего напряжения насосной станции и т.д.

Однако, без сомнения, всех в большей или меньшей степени интересует, насколько может быть снижено потребление электроэнергии за счет применения ПЧ, какой экономический эффект может быть достигнут.

Для принятия объективной оценки целесообразности реконструкции инженерных систем с применением частотного регулирования прежде всего необходимо выполнение технико-экономического обоснования (ТЭО), которое должно предусматривать следующие стадии:

1. Обследование объекта применения системы частотного регулирования (СЧР):

- изучение технологической схемы объекта;
- уточнение параметров агрегатов;
- замеры энергетических параметров работающих агрегатов;
- определение возможности подключения оборудования СЧР к существующей системе электроснабжения и его размещения в местах, обеспечивающих необходимые условия эксплуатации;

- определение функций существующей системы автоматики и возможности ее совместной работы с СЧР.

2. Определение параметров, характеристик и энергетических показателей агрегатов при дроссельном и частотном регулировании, в том числе:

- характеристик и энергетических показателей агрегатов при существующем способе регулирования производительности:

- для одиночно работающего агрегата;
- для групп параллельно работающих агрегатов;
- предельные его параметры, обеспечиваемые агрегатами;

- характеристик и энергетических показателей агрегатов при частотном регулировании производительности:

- для одиночно работающего агрегата;
- для групп параллельно работающих агрегатов;
- для групп параллельно работающих агрегатов, одни из которых работают при частотном регулировании, а другие — при прямом включении в сеть;

- оценка влияния на показатели групп агрегатов изменения параметров режимов работы объекта.

3. Определение нагрузок электроприводов агрегатов при частотном регулировании и обоснование выбора силового электрооборудования:

- нагрузка при работе одиночного частотно-регулируемого агрегата;
- нагрузки электроприводов при работе двух частотно-регулируемых агрегатов;
- нагрузки электроприводов при работе одного частотно-регулируемого и одного нерегулируемого агрегата;

- оценка влияния на нагрузки электроприводов и показатели групп агрегатов изменения параметров режимов работы объекта.

4. Разработка вариантов технических решений по применению систем частотного регулирования агрегатов:

- выбор параметров силового электротехнического оборудования;
- разработка требуемых вариантов решений по электроснабжению;
- выбор необходимых входных и выходных фильтров для обеспечения электромагнитной совместимости СЧР;
- разработка требуемых вариантов решений по автоматизации оборудования;
- разработка компоновочных решений.

5. Технико-экономическая оценка применения систем частотного регулирования агрегатов:

- расчет энергопотребления агрегатов при различных способах регулирования их производительности;
- определение суточных графиков нагрузки агрегатов;
- расчет годового энергопотребления агрегатов;
- определение затрат на реконструкцию объектов и сроков окупаемости капиталовложений (инвестиций).

Простое перечисление содержания ТЭО показывает, что в результате его выполнения заказчик должен получить не только ответ о целесообразности применения технологии частотного регулирования и экономический эффект в т.ч. от ее внедрения, но и предварительные варианты решений электроснабжения, автоматизации и компоновки оборудования для его реализации.

Практически внедрить данные технологии можно тоже по-разному. Например, можно приобрести «просто преобразователь частоты», регулирующий скорость вращения дымососа или вентилятора, либо систему частотного регулирования, позволяющую полностью автоматизировать управление процессом горения котла.

На сегодняшний день ставится задача не просто обеспечить потребителей водой и теплом или поддерживать какой-либо технологический параметр. Вследствие изменения

условий функционирования объектов и уровня требований к инженерным системам изменились и требования к качеству регулирования. Таким образом, для управления параметрами существующих и вновь создаваемых инженерных систем необходимы средства автоматизации, позволяющие получить комплексный эффект от реализации систем частотного регулирования, включающий в себя следующие аспекты:

1. Технические и экономические:

- увеличение надежности функционирования системы за счет повышения оперативности управления и снижения нагрузок на ее элементы;

- облегчение труда обслуживающего персонала за счет первичной обработки информации;

- снижение затрат на потребляемую электроэнергию;

- уменьшение других расходов, связанных с эксплуатацией оборудования.

2. Технологические:

- уменьшение требуемой мощности электропривода;

- снижение утечек технологической среды;

- увеличение сроков службы технологических аппаратов и сетей;

- увеличение ресурса исполнительных механизмов запорно-регулирующей аппаратуры;

- снижение нагрузок на инженерные системы, связанные с технологическим циклом.

3. Электротехнические:

- снижение требуемой мощности источников электроснабжения;

- увеличение сроков службы электротехнических аппаратов и электрических сетей;

- увеличение сроков службы коммутационной аппаратуры;

- снижение нагрузки и влияния на системы электроснабжения, связанного пуском электродвигателей.

4. Автоматизации:

- увеличение надежности функционирования технических систем за счет повышения качества управления;

- повышение надежности защиты приводных электродвигателей за счет функций, реализуемых ПЧ;

- снижение затрат ресурсов за счет реализации сберегающих алгоритмов;

- снижение трудоемкости и периодичности технического обслуживания технологического оборудования.

На первый взгляд главная и чуть ли не единственная задача — это стабилизация и поддержание требуемого технологического параметра (давления, температуры, уровня, расхода и т.д.). При ближайшем рассмотрении общая задача оказывается состоящей из нескольких взаимосвязанных между собой задач. Это и задание уставки поддерживаемого параметра, и управление запорной арматурой во всасывающих и напорных линиях, регулирующей арматурой рассматриваемой и смежной системы, управление приводными электродвигателями, визуализация параметров функционирования системы и связь с верхним уровнем АСУ ТП.

Простая технологическая задача может оказаться не под силу «просто преобразователю частоты», если требуемый параметр обеспечивается, например, одновременной работой нескольких агрегатов, инженерных систем или объектов. Или же в работе одновременно находится автоматизированное и неавтоматизированное оборудование, либо требуется изменение уставок по сложным функциям.

Примером сложности задачи поддержания даже одного технологического параметра является совместная работа оснащенных системами частотного регулирования водопроводных насосных станций второго подъема водозаборов центров аграрных районов, которые обеспечивают гидравлический режим системы водоснабжения всего района. Особенности системы водоснабжения аграрного района, построенной по типовому проекту, являются сложность трубопроводной системы, наличие участков, расположенных

на существенно различных геодезических отметках, изношенность трубопроводов и, как следствие, наличие большого количества ремонтируемых участков. На опытных участках предприятий ЖКХ Витебской области внедрены системы мониторинга давления и учета повреждений, а также вывода участков трубопроводов в ремонт. Запуск систем частотного регулирования на ВНС-2 в 2003–2005 г. данных объектов позволил получить положительные эффекты от применения преобразователей частоты. В то же время в процессе эксплуатации были выявлены неожиданные эффекты. Так, в отдельные периоды при практически одинаковых параметрах режимов, обеспечиваемых отдельными ВНС, их энергопотребление оказывалось существенно различным, были замечены ранее не наблюдаемые случаи «раскачивания» давления на выходе станций. Оказалось, что эти изменения вызваны взаимным влиянием частотно-регулируемых ВНС. Устранение этого влияния и получение системных составляющих эффекта от применения технологии частотного регулирования требует включения СЧР водозаборов в АСУ ТП предприятия ЖКХ и управления их параметрами по специальному алгоритму, оптимизирующему их работу. Внедрение такой АСУ позволит вести мониторинг давления в реальном времени в контролируемых точках трубопроводной системы, параметров работы отдельных водозаборов, вычислять показатели работы станций, оценивать их влияние на изменение параметров в контролируемых точках и др. Анализ такой информации позволит оперативно принимать решения об изменении режимов работы отдельных водонасосных станций с целью устранения их негативного влияния друг на друга и улучшения показателей функционирования водоснабжения аграрного района в целом.

Предлагаемый подход может также позволить получить дополнительный экономический эффект от внедрения преобразователей частоты. Таким образом, системы частотного регулирования создаются как инструмент, позволяющий специалистам эксплуатирующих организаций эффективно решать технологические задачи. Польза от работы с этим «инструментом» зависит как от качества самой системы, начиная с совершенствования ее разработки, так и от знаний и навыков специалистов, применяющих его в повседневной работе.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ СТИМУЛЯЦИИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Павлюченко Е. В., Ерошов А. И.

*Международный государственный экологический университет им. А.Д. Сахарова.
г. Минск. Республика Беларусь*

Увеличение энергии роста семян, посредством физических факторов, рассматривается как одно из приоритетных направлений получения сельскохозяйственной продукции через наименьшие экономические затраты. Немаловажным, в развитии, этого направления, является тот факт, что предпосевная стимуляция биологических объектов, в частности семян, экологически более оправдана, чем химическая стимуляция энергии роста семян.

Эффективность действия магнитных и электрических полей на рост семян зависит от типа физического источника стимуляции (постоянное или переменное поле), продолжительности экспозиции, а также напряжения поля.

На энергию роста семян оказывает влияние и продолжительность периода выдержки (от окончания стимуляции до высадки в почву).

В проведенных нами исследованиях, отмечался положительный эффект влияния магнитных и электрических полей на всхожесть семян полевых и тепличных культур. В частности небольшая предпосевная стимуляция переменным электрическим полем увеличивает всхожесть семян томатов, огурцов, ячменя, овса, пшеницы на 1 сутки раньше.

При этом всходы характеризуются наличием ряда преимуществ по сравнению с контрольными растениями, в частности более широкими листьями (овес, пшеница, ячмень), и более темным цветом листьев (томаты).

Особый интерес представляет собой влияние магнитного поля на энергию роста семян. Выдерживание семян в магнитном поле до посева стимулирует рост (при условии, что искусственное магнитное поле совпадает по направлению с естественным магнитным полем Земли), однако то же искусственное магнитное поле вокруг уже высаженного в почву семечки действует как ингибитор роста.

Электрическое и магнитное поля оказывают отрицательное влияние на выдержанные в воде семена, что объясняется образованием в семени радикалов ($\text{OH}^\cdot$, $\text{H}^\cdot$) угнетающих рост. Причём отрицательный эффект тем больше, чем выше влажность семени.

Немаловажным является и то, что ЭМП могут использоваться для повышения содержания крахмала и аминокислот.

УДК 663.4

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА СОЛОДА ПУТЁМ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

В.А. Пашинский, канд. техн. наук, доцент

*Международный государственный экологический университет имени А.Д. Сахарова,
г. Минск, Республика Беларусь.*

Н.Ф. Бондарь, канд. хим. наук, О.В. Бондарчук, аспирантка.

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

Внешние искусственные электрические воздействия оказывают на биологические объекты неизмеримо более глубокое и сложное влияние, чем на "неживые" тела, ибо затрагивают в первую очередь жизненные функции организма. Это имеет большое практическое значение для сельскохозяйственного производства, где основные предметы труда так или иначе связаны с биологическими объектами - высшими или низшими растениями и животными.

Биологическое действие электрического поля (тока) зависит от его параметров: напряженности поля E , амплитудного значения плотности тока J , частоты f , формы тока Φ , времени воздействия t , так что эффект Ξ является сложной функцией перечисленных факторов: $\Xi = F(E, J, f, \Phi, t)$, а также их парных и тройных сочетаний, причем для каждого объекта требуются свои параметры тока (поля) и режимы воздействия [1].

Технологической целью солодоращения являются биосинтез ферментов и активизация неактивных ферментов. в результате действия которых происходит переход в водорастворимое состояние резервных веществ ячменя. Ферментативный гидролиз сложных веществ ячменя начинается при проращивании и завершается при затирании зернового сырья [2].

Из-за расхода сухих веществ на развитие ростков, корешков и дыхание зародыша производство солода связано с их значительной потерей. Эти процессы взаимозависимы, и подавление дыхания неизбежно вызывает торможение роста. Поэтому способы интенсификации производства солода связаны, прежде всего, с факторами, влияющими на эти процессы [3].

Перед учеными стоит задача увеличения количества простых и экологически чистых способов повышения амилолитической активности солода и сокращения сроков проращивания ячменя для получения солода.

Солод как основное сырье для производства пива, кваса и концентратов лечебно-профилактического назначения не должен содержать нитритов, канцерогенных и токсичных веществ, радионуклидов и тяжелых металлов, пестицидов и других вредных для организма человека химических веществ [4]. Поэтому имеет смысл применять для интенсификации процесса

производства солода электрофизические способы. В практическом отношении представляет интерес воздействие на ячмень переменного неоднородного электрического поля высокой напряженности [5].

Исследования по определению энергии прорастания, длины и количества корешков, а также амилазной активности солода проводились в НИИЛ БГАТУ согласно [6] и технологическому графику для получения солода из пивоваренного ячменя по методу Виндиша-Кольбаха.

Обработка пивоваренного ячменя с помощью переменного неоднородного электрического поля высокой напряженности увеличивает амилазную активность солода. Наиболее значительно это заметно при обработке ячменя перед замачиванием, так как содержание мальтозы через 72 часа после начала солодоращения составляет в среднем 306,5ед./г., а через 96 часов – 424ед./г., что соответствует амилазной активности светлого и темного солода соответственно. А содержание мальтозы в контрольном образце через 72 часа (243,32ед./г.) не соответствует амилазной активности светлого солода, и через 96 часов – 283ед./г. тоже. Из полученных результатов можно сделать выводы, что переменное неоднородное электрическое поле высокой напряженности действительно оказывает влияние на амилазную активность солода, увеличивая ее в среднем на 40%, и позволяет сократить сроки солодоращения на 1-2 суток.

Достоверность различия при данном числе наблюдений через 96 часов после начала эксперимента определяли, применив разностный метод обработки результатов. Из расчетов следует, что применение неоднородного переменного электрического поля высокой напряженности для обработки ячменя достоверно ($P < 0,01$) увеличивает амилазную активность солода через 96 часов после солодоращения (возможность того, что вывод неправилен, меньше 1%, что является достаточным для биологического исследования).

ЛИТЕРАТУРА

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. Федоренко Б.Н. Инженерия пивоваренного солода: Учеб. – справ. пособие. – СПб.: Профессия, 2004 г. – 248 с.
3. Хорунжина С.В. Биохимические и физико-химические основы технологии солода и пива. – М.: Колос, 1999. – 312 с.: ил.(Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений).
4. Домарецкий В.А. Технология солода и пива: Учебник. – Киев: «Фирма «ИНКОС», 2004. – 432 с.
5. 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).
6. Косминский Г.И. Технология солода, пива и безалкогольных напитков. Лабораторный практикум по техническому контролю производства. – Мн.: Дизайн ПРО, 1998, – 352 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПОСТУПЛЕНИЯ СУММАРНОЙ РАДИАЦИИ НА ГОРИЗОНТАЛЬНУЮ И НАКЛОННУЮ ПОВЕРХНОСТИ

Пашинский В.А. к.т.н., доцент, Бутько А.А.

*Международный государственный экологический университет
имени А.Д. Сахарова. г. Минск*

Современная экономическая ситуация в Республике Беларусь диктует необходимость изменения структуры в общем потреблении топливно-энергетических ресурсов с дальнейшим выходом на максимально эффективное их использование. На сегодняшний день проблема использования топливно-энергетических ресурсов сталкивается со следующими

факторами: ежегодное увеличение цен на данный вид ресурсов; увеличение зависимости от изменения цен на импорт углеводородного топлива; высокий удельный расход топлива и электроэнергии. Сложившуюся ситуацию можно улучшить за счет вовлечения в структуру ТЭК возобновляемых и нетрадиционных источников энергии.

Основными преимуществами использования возобновляемой и нетрадиционной энергетики в республике, является: экономия топлива; неистощимость ресурсов; независимость от импорта энергоносителей; экологический фактор; инфраструктурные преимущества близости к потребителю, возможность децентрализации поставок, что особенно важно в АПК.

Энергия солнца может быть преобразована в тепловую, механическую и электрическую энергию, которая, в свою очередь, используется в химических и биологических процессах. Гелио установки находят широкое применение в системах отопления и охлаждения жилых и общественных зданий, технологических процессах протекающих при низких, средних и высоких температурах.

Оптимизация угла наклона является одним из необходимых требований при расчете, проектировании и эксплуатации систем теплоснабжения с использованием солнечной энергии.

Целью работы является определение зависимости поступления суммарной солнечной радиации на наклонную и горизонтальную поверхности.

Пересчет количества суммарной радиации с горизонтальной плоскости на наклонную с южной ориентацией равен сумме трех составляющих, соответствующих прямому, рассеянному и отраженному солнечному излучению:

$$k = \frac{Q'}{Q} = \frac{S \cdot \frac{\cos \theta_{gen}}{\sin \gamma_s} + D \cdot \frac{1}{2} \cdot (1 + \cos \gamma_E) + Q \cdot A \cdot \frac{1}{2} \cdot (1 + \cos \gamma_E)}{Q}$$

где Q' и Q – суммарная радиация поступающая на наклонную и горизонтальную поверхности; S и D – прямая и рассеянная радиация поступающая на горизонтальную поверхность; A – альbedo поверхности; γ_E – угол наклона поверхности к горизонту; γ_s – угол высоты Солнца; θ_{gen} – угол падения солнечных лучей к нормали, который равен:

$$\theta_{gen} = \arccos(-\cos \gamma_s \cdot \sin \gamma_E \cdot \cos(\alpha_s - \alpha_E) + \sin \gamma_s \cdot \cos \gamma_E),$$

где α_s – азимут Солнца; α_E – азимут наклонной поверхности.

Связь между основными и дополнительными углами устанавливается следующими уравнениями:

– угол высоты Солнца

$$\gamma_s = \arcsin(\cos \omega \cdot \cos \varphi \cdot \cos \delta + \sin \varphi \cdot \sin \delta),$$

где ω – часовой угол Солнца; δ – склонение Солнца; φ – широта;

– азимут Солнца

$$\alpha_s = \begin{cases} 180^\circ - \arccos \frac{\sin \gamma_s \cdot \sin \varphi - \sin \delta}{\cos \gamma_s \cdot \cos \varphi} \Rightarrow \tau_m \leq 12.00 \\ 180^\circ + \arccos \frac{\sin \gamma_s \cdot \sin \varphi - \sin \delta}{\cos \gamma_s \cdot \cos \varphi} \Rightarrow \tau_m \geq 12.00 \end{cases}$$

где τ_m – местное время.

В результате проведенных расчетов были получены значения отношения среднемесячных потоков суммарной солнечной радиации, поступающей на наклонную и горизонтальную поверхности с южной ориентацией, которые позволяют определить оптимальный угол наклонной поверхности к горизонту в течение года (табл. 1).

Таблица 1.

Среднемесячный коэффициент пересчета суммарного потока солнечной энергии с горизонтальной плоскости на наклонную поверхность
(д. Волма, Дзержинского р-на)

	I	II	III	VI	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
10°	1,14	1,11	1,11	1,07	1,05	1,04	1,05	1,06	1,09	1,11	1,10	1,14	1,09
20°	1,26	1,19	1,19	1,11	1,08	1,06	1,07	1,1	1,16	1,2	1,18	1,25	1,15
30°	1,35	1,25	1,24	1,13	1,08	1,06	1,07	1,11	1,2	1,25	1,24	1,34	1,19
40°	1,41	1,29	1,26	1,12	1,06	1,03	1,04	1,09	1,21	1,29	1,27	1,40	1,21
50°	1,44	1,29	1,26	1,08	1,01	0,97	0,98	1,05	1,19	1,29	1,28	1,43	1,19
60°	1,43	1,27	1,22	1,03	0,94	0,89	0,91	0,98	1,14	1,26	1,26	1,43	1,15
70°	1,40	1,21	1,16	0,94	0,84	0,79	0,81	0,9	1,07	1,2	1,21	1,40	1,08
80°	1,34	1,14	1,07	0,84	0,73	0,68	0,7	0,79	0,97	1,12	1,14	1,34	0,99
90°	1,24	1,03	0,95	0,72	0,6	0,55	0,57	0,67	0,85	1,01	1,04	1,25	0,87

Оптимальный угол наклонной поверхности к горизонту в течение года составляет 32°, причем данная величина может варьировать в зависимости от сезона (декабрь-февраль – 50°, март-май – 32°, июнь-август – 25°, сентябрь-ноябрь – 42°). Для более эффективного использования солнечных коллекторов угол наклона составляет от 25-27°. Следует заметить, что эти углы являются оптимальными именно для д. Волмы. Для других пунктов с такой же широтой они могут несколько отличаться.

УДК 621.3

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ОСВЕЩЕНИИ

Полишук А. А., канд. физ.-мат. наук, доцент, Мороз В. К., канд. техн. наук, доцент, инж. Михальцевич Г. А., н.с. Мороз А. В.

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»

УО «Белорусский государственный технологический университет»

УО «Белорусский национальный технический университет»

Белорусский теплоэнергетический институт

г. Минск, Республика Беларусь

Мы можем видеть предметы благодаря тому, что они рассеивают или зеркально отражают падающий на них свет, генерируемый источником света.

Известны два типа источников света: естественные (солнце, небо) и искусственные (тепловые и разрядные и др.). Излучать свет могут не только раскалённые тела, но и биологические объекты, твердые тела при трении, кристаллы при разломах и т.д.

Человек получает свет искусственным способом в осветительных установках, которые состоят из следующих элементов:

- светового прибора, преобразующего, передающего и направляющего световой поток на рабочую поверхность;

- пускорегулирующего аппарата;

- источника света.

Световая энергия получается в результате длительной цепочки преобразований энергии, и каждое такое преобразование сопровождается потерями. Чаще всего только 0,25% энергии топлива превращается в источнике света в энергию видимого света.

При эксплуатации, обслуживании и утилизации световых приборов чрезвычайно важны их эксплуатационные параметры. Так, мы не можем считать энергоэффективными источники света или световые приборы, которые в силу своих аэродинамических особенностей, эффективно покрываются пылью или же не могут быть надежно

утилизированы. В первом случае затраты по уходу могут быть чрезмерно велики, а, кроме того, частые механические средства для удаления пыли изменяют коэффициент отражения не в лучшую сторону. Во втором случае в окружающую среду могут попасть чрезвычайно токсичные вещества. Выход, прежде всего, может быть найден в увеличении срока службы источников света и применении нетоксичных материалов при их изготовлении.

Само по себе понятие «срок службы» достаточно сложно. Различают несколько сроков службы ламп:

- полный срок службы – время работы лампы до перегорания;
- средний срок службы – время, за которое перегорает 50% ламп из испытуемой партии;
- гарантированный срок службы – время, которое должна гореть любая произведенная предприятием лампа;
- полезный срок службы – время, за которое световой поток лампы уменьшается на 20%.

На срок службы лампы, содержащую нить накаливания, влияют многие процессы. Основной из них испарение вольфрама, которое приводит к локальному уменьшению нити, а, следовательно, к увеличению электрического сопротивления нити и уменьшению светового потока, излучаемого лампой и сокращению срока службы.

Однако, будучи таким доступным, свет обходится не дешево. Мы как-то забываем об этом в повседневной суете, но два обстоятельства напоминают нам о проблеме: постоянно растущая стоимость энергии обычных источников и проблема загрязнения окружающей среды.

В настоящее время (и в ближайшем будущем) в мире примерно 30% первичной энергии получается от сжигания угля. Каждый киловатт-час электроэнергии – это еще один дополнительный килограмм углекислого газа в атмосфере земли от сжигания угля. В целом считается, что 10-20% выбросов электростанциями диоксида углерода связаны с производством электроэнергии, расходуемой в осветительных установках.

Уменьшение продолжительности работы источника света может быть достигнуто следующим образом:

1. Изменение времени начала рабочего дня с привязкой к световому климату региона, т.е. прежде всего, должно быть выполнено гелиоклиматическое зонирование территории страны.

2. Правильным перераспределением поступившего в здание светового потока. Это означает, что вместе со световым потоком в помещение должны проникать ультрафиолетовые лучи.

3. Правильным размещением зданий относительно природного и архитектурного ландшафтов. Архитектура зданий должна быть такой, чтобы выступы здания или соседние здания не отбрасывали тень на окна при низких уровнях естественного освещения (вечером, зимой) и затеняли их летом при высокой освещенности.

4. Правильным расположением зеленых насаждений относительно здания, должно быть исключено хаотическое озеленение.

5. Правильным распределением рабочих и подсобных помещений в самом здании, а также рабочих зон в помещениях.

Таблица 1 дает представление о возможной экономии электрической энергии при замене ламп накаливания (ЛН) и других световых приборов на более экономичные приборы.

Таблица 1

Возможная экономия электроэнергии от использования заменяемых источников света

Заменяемые источники света	Возможная экономия электроэнергии, %	
	Пределы возможной экономии	Среднее значение экономии
Лампы типа ДРЛ на МГЛ	От +20 до +55	40
Лампы типа ДРЛ на НЛВД	От +34 до +62	50
ЛЛ на МГЛ	От +53 до +74	65
ЛН на НЛВД	От +61 до +68	71
ЛН на МГЛ	От +31 до +61	48
ЛН на ЛЛ	От -14 до +36	33
ЛН на лампы типа ДРЛ	От +43 до +68	14

Современная светотехника является мощным загрязнителем окружающей среды, прежде всего ртутью, содержащейся в разрядных лампах. Даже энергоэкономичные лампы типов ЛЛ (люминесцентная лампа) и КЛЛ (компактная люминесцентная лампа) представляют в этом плане серьезную проблему, т.к. содержат ртуть, которую следует утилизировать. Предельно допустимая концентрация (ПДК) паров ртути среднесуточная для атмосферного воздуха равна 0,0003 мг/м³ (примерно 3 атома ртути на 100 млрд. молекул воздуха).

Современные технологии предлагают кардинальное решение ртутной проблемы.

Не содержащие ртути натриевые лампы высокого давления (НЛВД) и металлогалогенные лампы (МГЛ) наиболее перспективны. МГЛ появились в начале 60-х годов. В настоящее время МГЛ с керамической разрядной трубкой, наполненной йодидами натрия, скандия, таллия и лития отличаются компактностью, высокой светоотдачей, улучшенным качеством цветопередачи. НЛВД имеют большой потенциал. Их световая отдача может быть доведена до 150 лм/Вт, а срок службы – до 25 тыс. часов.

Обслуживание осветительных установок имеет принципиальное значение. Исследования показывают, что освещенность, создаваемая осветительной установкой, снижается из-за загрязнения ламп, потолка, а также по причине старения ламп.

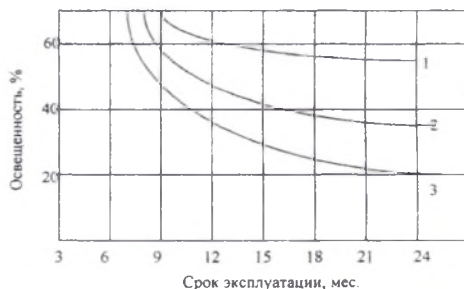


Рисунок 1 – Влияние загрязнения ламп и потолка, а также старения ламп на освещенность рабочей поверхности: 1 – прямое освещение, сильное загрязнение; 2 – отраженное освещение, сильное загрязнение; 3 – очень сильное загрязнение.

Пускорегулирующая аппаратура (ПРА) электромагнитного типа не удовлетворяет современным требованиям. Лампы типа ЛЛ мощностью 20 и 40 Вт имеют потери в ПРА порядка 25 %. Светильник с двумя ЛЛ-40 со стандартным электромагнитным ПРА (УБИ 40/220-ВП-04) потребляет 104 Вт, а с электронным – 85 Вт. Электронная пускорегулирующая аппаратура (ЭПРА) имеет целый ряд преимуществ. В частности, при их применении:

- увеличивается световая отдача ЛЛ;
- увеличивается срок службы ЛЛ примерно на 50% за счет благоприятного и щадящего режима поджига, при этом снижаются расходы на обслуживание и замену ЛЛ;
- имеется возможность питания ламп постоянным током, что принципиально важно для аварийного освещения;
- ЭПРА бесшумны и исключают пульсации светового потока.

Зарубежный опыт показывает, что автоматизация управления системой освещения позволяет снизить энергопотребление на 30-50 %, а затраты на ЭПРА окупаются за 2 года.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бенцигер Т.Д. Светорегулирование в осветительных системах / Т.Д. Бенцигер // Светотехника. – 2002. – №1. – С. 27–31.
2. Говен Т. Энергоэффективное освещение рабочих мест / Т. Говен // Светотехника. – 2001. – №5. – С. 24–29.

ОБОСНОВАНИЕ ДОПУСТИМЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОДНЫХ НАГРЕВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТЕРМОЛАБИЛЬНЫХ СРЕД

Пришенов М.А., д.т.н., доцент; Рутковский И.Г., ст. преподаватель

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

При разработке конструкции электродных нагревателей необходимо учитывать не только тепловое, но и электрохимическое воздействие электрического тока на обрабатываемую среду. На протекание электрохимических реакций при электротепловой обработке влияет напряженность электрического поля или плотность тока между электродами нагревателя [1]. Зависимость допустимых значений плотности тока от величины удельного сопротивления обрабатываемой среды, определяет максимально допустимую плотность тока, при превышении которой возможно разложение воды на гремучий газ. На скорость протекания электрохимических реакций влияет также: температура обрабатываемой среды, род тока, количество протекающего электричества и водородный показатель [2]. Применение постоянного электрического тока определяет расход электрической энергии преимущественно на электротермогидролиз, при переменном токе количество электричества на электрохимические реакции многократно ниже.

Электрическая обработка на переменном токе увеличивает степень диссоциации электролита и уменьшает миграцию ионов. Окисление или восстановление ионов на электродах определяется результирующим током этих реакций. Переменный электрический ток устраняет концентрационную поляризацию, и в средах с нормальным pH , доля электрохимических реакций незначительна. При отклонении pH от нормальных значений, во время обработки переменным электрическим током, изменяется структура двойного электрического слоя, уменьшается энергия активации электрохимических реакций и увеличивается их скорость [3].

Результаты исследований [2] показывают, что обработка переменным и постоянным током не приводит к каким либо существенным изменениям в исследованных санитарных показателях. В пробах отсутствуют: формальдегид, изопропанол, бутанол-1, найдены следы ацетальдегида. Другие санитарные показатели представлены в таблице 1. Однако электрообработка в средах с выраженным pH приводит к значительному изменению всех изученных показателей по сравнению с контролем. Например: для измельченной и увлажненной соломы с 4–5% Na_2CO_3 и 1,5–2% $NaCl$ растет выделение формальдегида и ацетальдегида, метанола и ацетона, наблюдается появление легких хлорированных алифатических углеводородов.

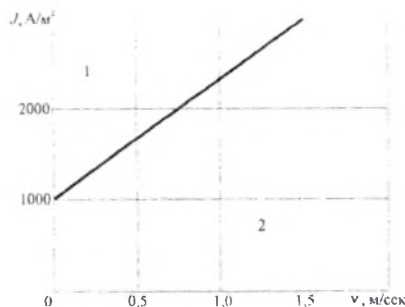
При обработке жидких сред, таких как молоко и соки, остро стоит проблема уменьшения контактного сопротивления на границе электрод-среда. Контактное сопротивление вызывает перегрев среды у электродов, приводит к ухудшению качества обрабатываемой среды и росту отложений на электродах. На перегрев среды у электродов влияет соотношение скорости потока обрабатываемой среды между электродами и плотности тока [4]. При нагреве эпюра скоростей зависит от температуры. Чем выше температура нагреваемой среды, тем больше разность скоростей в середине потока и у электродов. Поэтому у электродов будет происходить перегрев среды. С огложениями можно бороться увеличивая турбулентность обрабатываемой среды между электродами. Выделяемая мощность в единицу объема, при электродном нагреве, изменяется как по длине электронагревателя, в связи с увеличением температуры и проводимости, так и в межэлектродном пространстве. Температура в центре потока и возле электродов будет

различной. Это один из факторов, который вызывает перегрев обрабатываемой среды у электродов и приводит к увеличению количества отложений на них. Установлено, что на количество отложений наиболее сильно влияют два фактора: скорость движения обрабатываемой среды и плотность тока на электродах. Зависимость отложений от плотности тока и скорости молока (при ширине электродов равной межэлектродному расстоянию) представлена на рисунке 1.

Таблица 1 – Результаты химического анализа зерна, соломы и сока картофеля [2]

Химические ингредиенты	Вид обработки			
	Без обработки	Переменный ток 50 Гц	Постоянный ток (без мембраны)	Электрохимическая коагуляция
	Ячмень солома сок картофеля	Ячмень солома —	Ячмень солома —	— — сок картофеля
Нитраты (NO_3^-), мг/кг	н.о	н.о	6,2	—
	н.о	н.о	н.о	—
	н.о	—	—	н.о
Хлориды (Cl^-), мг/кг	2456	1522	2903	—
	2268	4112	3543	—
	934	—	—	1101
Метанол, мг/кг	2,7	н.о	3,6	—
	45	2,3	17	—
	0,02	—	—	0,013
Этанол, мг/кг	3533	4711	2489	—
	100	106	78	—
	0,05	—	—	0,01
Ацетон, мг/кг	38,3	33,3	20,0	—
	5,7	7,6	7,6	—
	5,6	—	—	15,7
Фенолы, мг/кг	1,01	1,33	0,89	—
	—	—	—	—
	1,1	—	—	0,73

Для построения зависимости, приведенной на рисунке 1, проводились исследования температурного поля между электродами нагревателя [4]. Исследования температурного поля на воде показали, что при ламинарном режиме ($\text{Re} < 2320$) разница температур у электродов и в центре потока достигает $11,4^\circ\text{C}$. С повышением скорости движения жидкости ($\text{Re} > 2320$), разница температур уменьшается. При $\text{Re} = 3280$ разница температур у электродов и в центре потока снижалась до 3°C . В канале электродного нагревателя наблюдается турбулентное ядро и ламинарный слой у электродов. При повышении скорости движения жидкости, ламинарный слой у электродов уменьшается. Соответственно уменьшается разность температур у электродов и в центре потока.



1 – электроды покрываются белком; 2 – отложения белка на электродах не происходит
Рисунок 1 – Зависимость отложений на электродах от плотности тока и скорости молока [4]

Допустимые электрические параметры электродных нагревателей для тепловой обработки сельскохозяйственных термолабильных сред определяются исходя из электрохимических процессов, протекающих под воздействием электрического тока и отложений, образующихся на электродах. При обработке на переменном токе термолабильных сред с нормальным pH необходимо вести нагрев при плотности тока не превышающей допустимых значений. Расчет многозонных электродных нагревателей с учетом допустимой плотности тока и соотношения плотности тока со скоростью потока обрабатываемой среды является достаточно сложной задачей. Решить эту задачу можно при использовании численных методов расчета. Разработанные методики расчета позволяют учитывать технологические требования при конструировании электродных нагревателей. А также рассчитывать электродные нагреватели с соблюдением допустимых электрических параметров, что обеспечивает качественное проведение электротепловой обработки.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Кудрявцев, И.Ф. Электрический нагрев и электротехнология / И.Ф. Кудрявцев, В.А. Карасенко. – М.: Колос, 1975. – 384 с.
- 2 Заяц, Е.М. Основы электротехнологических методов обработки влажных кормов / Е.М. Заяц. – Мн.: Ураджай, 1997. – 216 с.
- 3 Горбатова, К.К. Биохимия молока и молочных продуктов / К.К. Горбатова. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 344 с.
- 4 Наний, Е.П. Исследование и разработка электродных нагревателей для животноводческих ферм колхозов и совхозов.: Дис. ... канд. техн. наук. 05.20.02 / Е.П. Наний – Харьков, 1961. – 325 с.

УДК 631.2:697

УСТАНОВКА ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОТЫ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ ВЫБРОСОВ ПОМЕЩЕНИЙ

М.А. Пришенов, док.тех.наук, И.А. Цубанов, ст. препод., И.А. Цубанова, ассистент

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

Одним из направлений создания энергосберегающих отопительно-вентиляционных систем животноводческих помещений является утилизация теплоты вытяжного воздуха.

Основным недостатком существующих теплоутилизационных установок является

образование слоя снега-льда на теплообменной поверхности при отрицательных температурах приточного воздуха, что приводит к снижению интенсивности теплообмена.

Управление режимами работы, т.е. включение режима вентиляции или оттайки известных систем, возможно с применением ручного управления или реле времени. Оттайка образовавшегося льда осуществляется интенсивно, под воздействием естественной конвекции внутреннего воздуха помещения. Это обеспечивает продолжительность периода отключения вентиляции, что соответственно ухудшает параметры микроклимата внутри животноводческого помещения, и в целом снижает эффективность работы отопительно-вентиляционной системы.

Предложенная установка содержит пакет теплообменных пластин, между которыми установлены дистанционные уплотнительные прокладки, обеспечивающие прохождение с одной стороны пластин приточного, с другой вытяжного воздуха. Все теплообменные пластины, кроме одной, на выходе вытяжного воздуха имеют поверхностно-распределительные нагревательные элементы, нанесенные на диэлектрическое покрытие пластин и подключенные к питающей сети по определенной схеме через нормально-разомкнутые силовые контакты магнитного пускателя. Одна пластина, расположенная внутри пакета, имеет такой же по мощности поверхностно-распределительный нагревательный элемент, выполненный в виде попарно-чередующихся полос, из термозависимых резистивных материалов с различными температурными коэффициентами сопротивления (ТКС). Одни полосы имеют положительный ТКС, а другие - отрицательный ТКС. При этом все полосы резистивного покрытия с одинаковым ТКС соединены между собой последовательно электродами, имеющими электрическую проводимость гораздо более высокую, чем резистивные покрытия, что обеспечивает хороший токопровод к резистивным покрытиям и исключает неравномерность температурного поля, вызываемую повышением плотности тока при изменении направляемых силовых линий тока.

Поверхностно-распределительный нагревательный элемент этой пластины играет роль как нагревателя так и датчика температуры и периодически подключается к источнику напряжения полупроводниковым коммутатором через определенные промежутки времени. Включение нагревательных элементов остальных пластин к источнику напряжения производится магнитным пускателем при достижении на них минимально заданной температуры, а отключение - при максимально заданной.

Процесс передачи теплоты от нагревательных элементов к слою снега-льда происходит теплопроводностью, поэтому является весьма эффективным и быстротечным.

Конструкция установки защищена патентом на изобретение №11614.

УДК 631.371:621.313

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИХ ТЕРМОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ЗАЩИТ, КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСОБЕРЕЖЕНИЯ

Равинский П.А., аспирант

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

Первые температурные защиты строились на базе гермочувствительных реле и датчиков. К ним относятся биметаллические термореле, dilatометрические датчики и ртутные контактные термометры. В целом следует отметить, что биметаллические термореле инерционны, имеют низкий коэффициент возврата (0,65...0,85) и разброс характеристик, которые изменяются в процессе эксплуатации. Dilatометрические датчики-

реле имеют схожие с биметаллическими реле параметры. Защитные характеристики имеют отличия в том, что дилатометрические чувствительные элементы обеспечивают упреждение срабатывания при быстром нагревании обмотки. Ртутные контактные термодатчики не получили распространения из-за хрупкости корпуса (и возможного испарения ртути, вредной для здоровья людей), из-за малого (менее 0,5 мА) коммутируемого тока и малого допустимого напряжения на контакте вольфрамовая проволока – ртуть, из-за ненадежной работы ртутного термодатчика при вибрации. С появлением терморезисторов температурные защиты стали быстро развиваться. Первые защиты строились с прямым включением терморезисторов в цепь исполнительного реле. Примером такой защиты является аппаратура температурной встроенной защиты АТВ-229. С появлением позисторов СТ14-1 стало возможным построение температурных защит с прямым включением позисторов в цепь реле. Устройство защиты УВТЗ-1 разработано с учетом специфики работы оборудования в сельскохозяйственном производстве. При разработке схемы преследовалась цель максимально упростить и одновременно унифицировать систему защиты, а также уменьшить влияние разброса параметров датчиков на стабильность работы защитного устройства.

Так как устройство встроенной температурной защиты реагирует практически на все аварийные режимы/состояния, кроме увлажнения обмотки – оно является одним из самых эффективных устройств защиты электродвигателей. Однако, не все так идеально.

В работе [1, с. 40] показано, что для универсальной температурной защиты требуются термодатчики с постоянной времени нагрева 3,6 с. Позисторы СТ14 имеют постоянную времени нагрева 20...30 с [2, с. 46]. Известны малогабаритные позисторы РТМ-М-КОРОС, Р400С822-Siemens, имеющие постоянную времени нагрева не более 3 с (но с учетом изоляции обмотки постоянная времени нагревания их увеличивается до 4-5 с в обмотке из круглого провода сечением не 1 мм, и 5-12 с – в обмотке из прямоугольного провода) [3, с. 348]. В реальных условиях, с обмоткой, постоянная времени нагрева термодетектора должна быть примерно в 2 раза меньше постоянной времени связи термодетектора с обмоткой. Наименьшее значение постоянной времени нагрева термодетектора в стопорном режиме должна составлять не более 0,8с. [4]

Позисторы СТ14 являются датчиками в устройствах встроенной температурной защиты (УВТЗ), следовательно и недостатки этих датчиков влияют на работу УВТЗ. Входе эксплуатации УВТЗ в сельском хозяйстве позволило выявить их недостатки [5]:

- 1) запаздывание срабатывания УВТЗ в стопорном аварийном режиме в связи с большой постоянной времени нагревания позисторов;
- 2) в проводах подключения термодатчиков наводится паразитная ЭДС, что приводит к ложным срабатываниям защиты [6, с. 20];
- 3) для подключения УВТЗ необходимы дополнительные монтажные работы, связанные с прокладкой двух проводов от датчиков к устройству защиты. По этой причине температурные защиты во многих хозяйствах не используются [5, с. 42].

Эти недостатки можно устранить заменой позисторных датчиков на терморезисторы и реализацией блока управления с передачей данных по проводам.

Все терморезисторы имеют хорошую чувствительность, приемлемый диапазон рабочих температур, и примерно одинаковую относительную погрешность. Из рисунка 1 следует, что в диапазоне 100-200°С наибольшую стабильность (участок а-б) имеет коэффициент Зеебека у терморезистора J (железо-константан), затем у терморезистора типа K (участок в-г). Однако, терморезисторы типа J имеют минимальный диаметр проводника 0,3 мм, что увеличивает их постоянную времени нагрева.

Конструктивные особенности терморезисторов делают их наиболее подходящими датчиками для температурных защит. Терморезисторы не хрупки, имеют кремнеземную изоляционную оболочку способные выдерживать очень высокие температуры. Миниатюрные размеры позволяют их плотно встраивать в обмотку двигателя, уменьшая тем самым постоянную времени связи

В качестве датчиков для разрабатываемой нами температурной защиты мы взяли

термопары типа К производства НПО “Энергоприбор”, при диаметре электродов 0,2 мм показатель тепловой инерции составляет 0,3 с, а при диаметре 0,3 мм – 0,5 с.

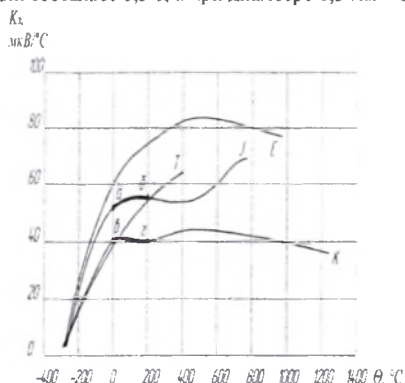


Рисунок 1. Измерение коэффициента Зеебека от температуры для различных термопар: Е – хромель-константан; Т – медь-константан; J – железо-константан; К – хромель-алюмель.

Для определения постоянной времени связи датчика с обмоткой были проведены экспериментальные исследования. По полученным результатам (рисунок 2.) было подтверждена целесообразность использования термопары в качестве датчика для быстродействующей температурной защиты ($T=1с$). Сам блок защиты состоит из усилителя/компенсатора для термопары, блока сравнения и передачи и блока приема, реализованные на микропроцессорном устройстве.

Хочется отметить что именно применение в устройстве микропроцессорных технологий позволяет упростить конструкцию устройства, произвести компенсацию холодного спая для термопары и организовать передачу данных по проводам.

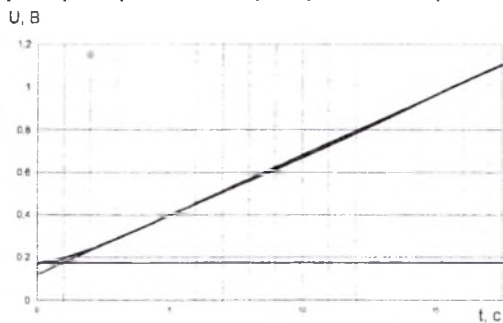


Рисунок 2. Постоянная времени нагрева связи термопары ТХА-К с обмоткой

Таким образом, для быстродействующей температурной защиты, в качестве датчиков, целесообразно использовать термопары типа ТХА-К. Термопары имеют минимальные размеры, легко встраиваются в обмотку и поэтому имеют необходимую времени связи с обмоткой, приемлимую для быстродействующей защиты. То есть обеспечивают своевременное срабатывание, не допускающее опасного перегрева изоляции. Тем самым увеличивается срок службы изоляции и непосредственно самого электродвигателя, обеспечивая ресурсосбережение.

ЛИТЕРАТУРА

1. О постоянной времени нагревания термодатчиков в устройствах температурной защиты / М. Абазид // Технические средства и системы управления сельскохозяйственными электроустановками: сб. науч. тр. БАТУ – Горки, 1993 – с. 37-40.
2. Тубис Я.Б. Температурная защита асинхронных электродвигателей в сельскохозяйственном производстве / Я.Б. Тубис, Г.К. Белов. – Москва: Энергия, 1977. – 104с.
3. Унифицированная серия асинхронных электродвигателей Итерэлектро / В.И. Радин и [др.]; Под ред. В.И. Родина. – Москва: Энергоатомиздат, 1990. – 416с.
4. Направления совершенствования температурной защиты асинхронных электродвигателей / В.В. Гурин, П.А. Равинский. // Агропанорама. – №3. – 2009. – с. 18-21.
5. Кунин Р.З. Применение встроенной температурной защиты / Р.З. Кунин // Механизация и электрификация соц. с. х. 1980. – №10. – с. 42-43.
6. Данилов В.Н., Оськин С.В. О паразитных ЭДС в проводах подключения термодатчиков к температурной защите электродвигателей: / В.Н. Данилов, С.В. Оськин // Повышение надежности работы электроустановок в с.х.: сб. науч. тр. – Челябинск, 1986, с. 19-24.

УДК 635.21.077: 621.365

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ МАШИН ДЛЯ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЛЬНА

Равинский Н.А., аспирант; Прищепова Е.М., аспирант

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

На сегодняшний день льноводство является экономически перспективной отраслью отечественного агропромышленного комплекса, которая обеспечивает сырьевыми ресурсами легкую промышленность и имеет существенный экспортный потенциал.

В настоящее время удельный вес длинного трепаного волокна на предприятиях первичной обработки льна не превышает 30...35%. Такой процент выхода длинного льноволокна в общей массе выработанного волокна не достаточен для стабильной работы отечественной текстильной промышленности. Необходимо довести его до уровня зарубежного, где он составляет 60...70%.

Причины малого выхода длинного волокна весьма разнообразны. Такими причинами являются низкое качество сырья (малая длина стеблей, высокая засоренность и растрянность стеблей по длине, неудовлетворительная степень вылежки), а также параметры, которые необходимо оптимизировать в процессе первичной переработки льна.

Кроме того, малый процент выхода длинного волокна объясняется использованием старого технологического оборудования. Такое оборудование металлоемкое, неэкономичное, занимает значительные площади.

Однако замена старого оборудования новым из-за его большой стоимости не под силу многим предприятиям. Поэтому существует возможность модернизации старого оборудования с целью повышения выхода длинного волокна.

В общем случае технологическая линия получения длинного льняного волокна состоит из следующих машин: сушильная машина, слесформирующая машина, мяльная машина, трепальная машина.

Все эти машины имеют нерегулируемый электропривод. Переработка льносырья производится в поточной линии из нескольких машин, электроприводы которых при

оптимальном управлении являются взаимосвязанными.

Таким образом, чтобы повысить выход длинного льноволокна в общей массе выработанного волокна, необходимо разработать математические модели машин для переработки льносырья и провести моделирование процесса с учетом нескольких влияющих факторов. Для сушильной машины основной фактор – это влажность льносырья, для слоеформирующей машины такими факторами являются толщина слоя, дезориентация стеблей в слое, длина стеблей в слое, для мяльной машины это диаметр стеблей, прочность волокна, угол положения стеблей относительно мяльных вальцов, для трепальной машины – отделяемость льнотресты, пригодность слоя к обработке трепанием, прочность волокна, длина стеблей в слое.

В результате моделирования технологического процесса будут получены алгоритмы управления электроприводами машин первичной переработки льна, что позволит получить более высокий выход длинного льноволокна.

ЛИТЕРАТУРА

Голуб А.И. Льноводство Беларуси / А. И. Голуб, А. З. Чернушок. – Борисов: Борисовская укрупненная типография, 2009. - 243 с.

Ефремов, А.С. Оптимизация процесса трепания при обработке льнотресты в зависимости от ее влажности и отделяемости: дис. ... к-та техн. наук: 05.19.02 / А.С. Ефремов. — Кострома, 2008. - 15 с.

УДК 621.311, 658.53, 628.5

СИСТЕМА АКУСТИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Ролич О.Ч., к.т.н., Ворона В.Г.

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

Повышение эксплуатационной надежности промышленного производства является основной стратегией современных предприятий. Успешная реализация стратегии обусловлена применением инновационных технологий и интеллектуальных технических средств бесконтактного контроля, экспертизы и мониторинга состояния энергетических установок, в частности, электрооборудования [1].

Основными причинами отказов оборудования являются либо медленно прогрессирующие повреждения типа коррозионного или эксплуатационного износа, либо повреждения, напрямую связанные с некачественным ремонтом, применением несоответствующих условиям эксплуатации или неисправных комплектующих изделий [2]. Несмотря на широкий спектр выпускаемых промышленностью средств неразрушающего контроля и диагностики, задача объективной и надежной оценки технического состояния и прогнозирования ресурса производственных объектов на сегодняшний день не решена [3, 4].

Проявление большинства известных неисправностей в электрической (обрыв или замыкание фазы) и механической (неполадки в работе подшипников: загрязнение смазки, чрезмерный износ тел качения и дорожек, перекос соединительных полумуфт, неточная центровка валов агрегата, задевание ротора о статор и т.д.) частях электрооборудования сопровождается изменением частотно-временных параметров аудиосигнала.

Для решения задачи анализа аудиосигналов электрооборудования с целью его диагностики в режиме реального времени предлагается создание системы на базе восьмизначного 16-тимегагерцового микроконтроллера ADμC842 с 12-тиразрядными аналого-цифровым (АЦП) и цифро-аналоговым преобразователями (ЦАП). Частота 400 кГц оцифровки отсчетов, объем 2 кбайта оперативной памяти, гибкие архитектура

микроконтроллера и технология программирования формируют необходимый минимум, отвечающий техническим требованиям для решения задачи.

В состав процессорного модуля системы, принципиальная схема которого изображена на рис. 1, дополнительно входят электретный микрофон и адаптеры USB и RS485, предназначенные для связи с компьютером и объединения контроллеров в локальную сеть.

Панель оператора с пользовательским интерфейсом выполнена в виде отдельного модуля расширения, представленного на рис. 2. Технология разделения процессорного модуля и панели оператора обладает свойством универсальности и позволяет при необходимости произвести смену базового микроконтроллера. Модуль расширения имеет графический дисплей с разрешением 128 x 64 пикселей, инфракрасный приемник сигналов пульта дистанционного управления и оперативную память объемом 512 кбайт. Оперативная память предназначена для формирования длительной сигнальной выборки с целью последующего ее компьютерного анализа и экспертизы.

В функционировании системы выделяются два основных режима: режим автономного анализа сигналов и режим накопления данных.

В первом режиме формируется сигнальная выборка длиной 64 отсчета и вычисляется ее спектр [5]. Затем проводится спектральный и временной корреляционный анализ, и совместно с графической визуализацией сигнальной выборки и спектра на дисплее отображаются рекомендации оператору по устранению выявленных замечаний. Эти действия повторяются с оцифровкой очередного отсчета. По команде, поступающей от компьютера по шине USB, система передает все данные, хранящиеся в оперативной памяти – микросхеме DD5 модуля расширения.

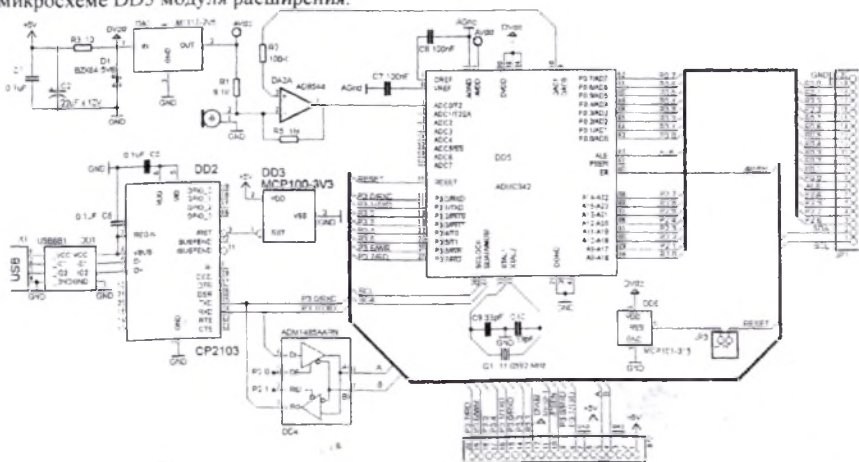


Рис. 1. Принципиальная схема процессорного модуля системы анализа аудиосигналов

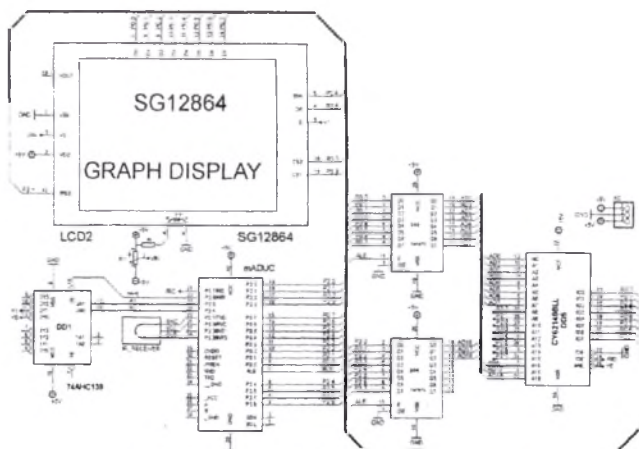


Рис. 2. Принципиальная схема модуля расширения

Второй режим, вход в который осуществляется по запросу оператора с пульта дистанционного управления с инфракрасным каналом связи, предназначен для накопления выборки общим объемом 512 кбайт (256 000 отсчетов) с заданным периодом дискретизации. При этом производится отключение всех основных потребителей системы, и на дисплее отображается информация о нахождении системы в режиме записи длительной выборки. По окончании формирования сигнальной выборки происходит автоматический переход в первый режим, и по запросу компьютера – передача ему полученных данных. Второй режим целесообразен для снятия суточных зависимостей функционирования электрооборудования с последующим их экспертным анализом.

Разработанная система анализа аудиосигналов на базе микроконтроллера AD μ C842 позволяет осуществлять постоянный контроль как за состоянием электрооборудования предприятия, так и иного агрегата, генерирующего аудиосигнал. Система может быть включена в автоматизированный комплекс предприятия для мониторинга и автоматической коррекции нагрузки на контролируемое электрооборудование с целью продления его жизненного цикла, профилактики и предупреждения аварийной ситуации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Казаков, В.С. Современные методы диагностирования показателей надежности и экологической безопасности при эксплуатации энерготехнологического оборудования / В. С. Казаков, Т. В. Клименко // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2008. – № 3 (19). – С. 26-31.
2. Кузеев, И.Р. Электромагнитная диагностика оборудования нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств / И.Р. Кузеев, М.Г. Баширов // – Уфа: Изд-во УГНТУ. 2001. – 294 с.
3. Диагностика электродвигателей. Спектральный анализ модулей векторов Парка тока и напряжения // Новости электротехники №1(49) [Электронный ресурс]. – 2008. – Режим доступа: <http://www.news.elteh.ru/arh/2008/49/10.php> – Дата доступа: 12.09.2009.
4. Сердешнов А.П. Ремонт электрооборудования. В 2 частях. Часть 1. Ремонт электрических машин. – Минск: ИВЦ Минфина, 2008.
5. Ролич, О. Ч. Алгоритм приближенного целочисленного дискретного преобразования Фурье / О. Ч. Ролич, В. С. Садов, К. М. Шестаков, А. Ф. Чернявский // Информатика. – 2005. – № 2. – С. 62-70.

АНАЛИЗ РАБОТЫ ЗСК И ПУТИ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ПРОЦЕССА СУШКИ.

Русан В.И. д.т.н. профессор, Климович П.Н., аспирант

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

С целью обеспечения продовольственной безопасности страны в соответствии с государственной программой возрождения и развития села планируется довести урожай зерновых до 10 млн.т. в год.

К зерну, продаваемому государству, предъявляются высокие требования по содержанию влаги. Зерно принимается влажностью 14%. При повышенной или пониженной влажности, кроме натуральных скидок, взимается дополнительная плата. За каждый процент влажности, отличной от 14%, хозяйства платят 0,4% от стоимости зерна кондиционной влажности.

Производительность по сырому зерну пшеницы при снижении влажности с 20 до 14%, т/ч, на сушилке СЗК-10 составляет не менее 10т/ч. Тепловая мощность теплогенератора при теплоте сгорания топлива не менее 10000 кДж/кг не менее 800 кВт, а удельный расход электроэнергии, при этом 40,4 кВт.ч.

Следует отметить, что в процессе переработки зерновых культур около 70% энергии расходуется на сушку и очистку зерна. Потребляемая мощность отечественных комплексов на порядок выше зарубежных аналогов.

Для получения продовольственного и семенного зерна высокого качества параметры процесса сушки необходимо выбирать с учетом как биофизических свойств (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.).

Особо остро стоит проблема контроля влажности зерна в потоке при сушке зерновых культур сушилками различных типов. В настоящее время измерение влажности в процессе сушки зачастую производится операторами вручную. При этом используются вагомеры различных типов и классов точности. Сами измерения проводятся периодически и парциально, что соответственно не позволяет судить о фактической влажности высушиваемого продукта. В случае недосушки получают плохое качество продукции, а в случае даже незначительной пересушки наряду с ухудшением качества это приводит к перерасходу энергоресурсов, увеличению амортизационных отчислений и уменьшению производительности в период уборочных работ.

Нами проведено изучение опыта использования ЗСК-40Ш на предприятии «Вншневка-2002». В результате расчетов, получены расчетно-удельные значения потребления природного газа при снижении влажности до 14% 30383,09 м³, при фактическом расходе 33689,99 м³. Конечная влажность при этом 12,67%, перерасход составил 3306,9 м³ или 9,7%. Перерасход электроэнергии составил 2109,42 кВт или 9,8%.

С учетом выше изложенного, ставится задача изучить и провести анализ различных способов энергоснабжения ЗСК, разработать методы оптимизации энергопотребления, провести экономическое обоснование и разработку требований, а также обосновать рациональные способы энергообеспечения и энергопотребления ЗСК, что позволит снизить энергоемкость производства зерна не менее чем на 15-20%.

Технологические процессы и технические средства для сушки зерна должны обеспечить минимизацию энергоемкости, работу с высоким к.п.д. на не дефицитных и дешевых видах топлива в т.ч. местных энергоресурсах.

Для обеспечения существенной экономии процесс сушки зерна должен производиться в 2 стадии: на первой высушивание в высокотемпературных режимах до влажности 20%, а во второй – досушивание до кондиционной влажности активным вентилированием.

В связи со сложившейся ситуацией необходимо также провести модернизацию имеющегося оборудования, что позволит сэкономить средства на необходимом перевооружении и будет способствовать стабилизации экономической ситуации в АПК и обеспечению рынка продовольствия за счет собственного производства.

1. М.Ю. Серегин, Организация и технология испытаний. Изд-во ТГПУ, Тамбов, 2006. – 83с.

2. Олейников В.Д., Кузнецов В.В. «Агрегаты и комплексы для послеуборочной уборки зерна» - М.: Колос, 1977 – 109с.

3. ГОСТ 27.502-83. Надежность в технике. Система сбора и обработки информации. Планирование наблюдений; Введ. 26.07.83. - М.: Изд-во стандартов. - 23 с

4. Русан В.И. Энергетическая ситуация и основные направления эффективного энергообеспечения АПК. Аналитический обзор, – Мн: РУП «БНИВНФХ в АПК», 2003 – 55с.

5. Руководство по эксплуатации СЗК-10.00.00.000-01 РЭ – Мн: ОАО «Амкор», 2005 – 65с.

6. Руководство по эксплуатации ЗСК-15.00.00.00.РЭ – 69с.

УДК 621.184.64

КОЖУХОТРУБНЫЙ ТЕПЛООБМЕННИК

А.Л.Синяков, канд.тех.наук, И.А.Цубанов, ст.преподаватель

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

Кожухотрубные теплообменники применяются в отопительно-вентиляционных системах производственных помещений для нагрева холодного воздуха теплотой воздуха, удаленного из помещения.

Кожухотрубный теплообменник содержит корпус, в котором расположены верхние и нижние трубные доски и пучок теплопередающих труб, внутри которых движется теплый воздух, удаляемый из помещений, а по их межтрубному пространству – холодный наружный воздух, при этом происходит нагрев холодного воздуха частью теплоты теплого воздуха.

Известно, что тепловая мощность теплообменника пропорциональна произведению теплообменной поверхности, коэффициента теплопередачи и среднему температурному напору в теплообменнике.

При постоянной теплообменной площади и коэффициенте теплопередачи тепловая мощность полностью зависит от среднего температурного напора в теплообменнике.

Кожухотрубные теплообменники, используемые в отопительно-вентиляционных системах, имеют пониженную эффективность работы из-за уменьшения температурного напора между теплообменивающимися потоками по ходу движения холодного воздуха через теплообменник.

Повышение эффективности работы теплообменника достигнуто тем, что в оборудованном распределительными и собирающими коллекторами теплого и холодного воздуха существующего кожухотрубного теплообменника расположены верхние и нижние трубные доски с выполненным двухсекционным пучком теплопередающих труб, а также дополнительные верхние и нижние трубные доски и дополнительный пучок теплопередающих труб, который расположен под второй секцией пучка теплопередающих труб, установленной с горизонтальным зазором относительно первой секции пучка тепловых труб, при этом к нижней трубной доске второй секции пучка теплопередающих труб

примыкает дополнительная верхняя трубная доска, а межтрубное пространство дополнительного трубного пучка теплопередающих труб сообщено с наружным воздухом и собирающим коллектором холодного воздуха.

Площадь теплообменной поверхности второй секции пучка теплопередающих труб составляет 30–40% теплообменной поверхности теплообменника; дополнительный расход холодного воздуха через дополнительный пучок теплопередающих труб составляет 10...20% расхода холодного воздуха.

При такой конструкции теплообменника основной нагрев холодного воздуха осуществляется в первой и второй секциях пучка теплопередающих труб, а дополнительный нагрев – в дополнительном пучке теплопередающих труб, при этом тепловая мощность кожухотрубного теплообменника увеличивается на 15...20%.

Конструкция кожухотрубного теплообменника защищена а.с. ВХ12336 F28 D07/00.

УДК 574.165; 537.622

К ВОПРОСУ О ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ НАМАГНИЧЕННОСТИ ОБРАЗЦА ПРИ УЧЕТЕ КРАЕВЫХ ЭФФЕКТОВ

**Соболь В.Р., д.ф.-м.н., доцент, Корзун Б.В.¹ к.ф.-м.н., ст. науч. сотр., Дубина Т.В.²
инженер,**

**Малишевский В.Ф., к.ф.-м.н., доцент, Чобот Г.М., к.ф.-м.н., доцент, Гременок
В.Ф.¹, д.ф.-м.н., гл. науч. сотр.**

Белорусский государственный аграрный технический университет,

*¹Государственное научно-производственное объединение «Научно-практический
центр Национальной академии наук Беларуси по материаловедению»
Минск, Республика Беларусь*

*²Брестский государственный университет им. А.С.Пушкина
Брест, Республика Беларусь.*

Как известно, дефектность кристаллической структуры материала приводит к интенсификации диссипативных процессов при намагничивании, что отражается на высокочастотных свойствах магнетиков в области радиодиапазона. В общем случае отмеченные явления описываются в рамках формализма комплексного тензора магнитной восприимчивости. Характер проявления сил трения определяется совокупным воздействием внешнего поля и особенностями затухания собственных колебаний. Следует отметить, что целенаправленное введение в кристаллическую структуру новых атомов при легировании является по существу процессом создания дополнительных дефектов, которые могут не только увеличивать магнитный момент, но и интенсифицировать релаксационные процессы. В первом приближении при рассмотрении движения магнитного момента в такой среде предполагается, что обычно принимаемая малость частоты релаксации по сравнению с частотой собственных колебаний позволяет пренебречь влиянием рассеяния на свойства и саму резонансную частоту. Тем не менее, для целостного представления характера протекающих процессов требуется комплексный учет воздействия трения и затухания колебаний на параметры магнитной восприимчивости с учетом формы образца, которая в силу эффектов размагничивания за счет существования свободных граней изменяет величину характерных частот.

Микроволновые свойства в условиях активизации диссипативных процессов на дефектах рассмотрены в рамках стандартной процедуры анализа однородной прецессии магнитного момента в представлениях динамики намагниченности конечного по размерам

образца [1-3]. Исследование выполнено на основе приближения Ландау-Лифшица-Блоха, оперирующего внутренним магнитным полем, включая его постоянную и переменную во времени составляющие. В линейном приближении по малым поправочным членам от переменного поля получено выражение для компонент высокочастотной намагниченности. В частности, при совпадении осей прямоугольной системы координат с главными осями эллипсоида размагничивания вид x -проекции вектора высокочастотной намагниченности характеризуется наличием вкладов от двух составляющих вектора микроволнового поля. Оценен вклад процессов рассеяния магнитной энергии, приводящий к комплексному виду диагональных и недиагональных компонент тензора восприимчивости. Так, x -проекция вектора высокочастотной намагниченности m_x имеет вид:

$$m_x = \frac{A+B+iC}{G} h_{ex} + i \frac{D-i(E-F)}{G} h_{ey} \quad (1)$$

в данном выражении входящие константы A, B, C, D, E, F, G соотносятся с параметрами задачи следующим образом

$$\begin{aligned} A &= \gamma^2 M_0 [H_0 + (N_y - N_z) M_0]; \\ B &= \chi_0 \omega_r^2 (1 + \chi_0 N_y) \\ C &= \chi_0 \omega \omega_r \\ D &= \gamma \omega M_0 \\ E &= \gamma \omega_r (1 + \chi_0 N_y) M_0; \\ F &= \gamma \omega_r \chi_0 [H_0 + (N_y - N_z) M_0]; \\ G &= -\omega^2 + \gamma^2 [H_0 + (N_y - N_z) M_0] [H_0 + (N_x - N_z) M_0] + \omega_r^2 (1 + \chi_0 N_x) (1 + \chi_0 N_y) + \\ &+ i \omega \omega_r [2 + \chi_0 (N_x + N_y)] \end{aligned} \quad (2)$$

здесь γ - гиромагнитное соотношение, H_0 - внешнее постоянное магнитное поле, χ_0 - статическая магнитная восприимчивость, ω - частота переменного поля, ω_r - частота релаксации, M_0 - намагниченность, N_x, N_y, N_z - диагональные компоненты тензора размагничивания, h_{ex} и h_{ey} - компоненты внешнего переменного магнитного поля.

Из полученных соотношений следует более сложный по форме, по сравнению с известными выражениями, вид антиэрмитовых недиагональных элементов тензора восприимчивости. В частности, компонента тензора $\chi_{xy} = \frac{D-i(E-F)}{G}$ может быть

представлена как

$$\chi_{xy} = \frac{\frac{\omega M_0 + i \omega_r (\chi_0 H_0 - M_0 (1 + \chi_0 N_x))}{\gamma [H_0 + (N_y - N_z) M_0] [H_0 + (N_x - N_z) M_0]}}{1 + \frac{\omega_r^2 (1 + \chi_0 N_x) (1 + \chi_0 N_y) - \omega^2 + i \omega \omega_r [2 + \chi_0 (N_x + N_y)]}{\gamma^2 [H_0 + (N_y - N_z) M_0] [H_0 + (N_x - N_z) M_0]}} \quad (3)$$

Анализ показывает, что малость частоты релаксации по сравнению с собственной частотой прешесии вовсе не означает, что можно непосредственно отбросить мнимую составляющую в числителе полученного выражения, как это предпочитают обычно делать. В знаменателе также существует мнимая составляющая в виде произведения частоты релаксации на частоту поля. После преобразования мнимая составляющая в χ_{xy} может быть представлена как величина, пропорциональная

$$-i \gamma \omega_r \omega^2 M_0 [2 + \chi_0 (N_x + N_y)] - [\chi_0 H_0 - M_0 (1 + \chi_0)] (\omega_{rez}^2 - \omega^2) \quad (4)$$

В выражении (4) ω_{rez}^2 означает известную комбинацию собственной и релаксационной частоты

$$\omega_{\text{рез}}^2 = \gamma^2 [H_0 + (N_y - N_z)M_0] H_0 + (N_x - N_z)M_0 + \omega_r^2 (1 + \chi_0 N_x)(1 + \chi_0 N_y). \quad (5)$$

Все слагаемые в фигурной скобке выражения (4) имеют один порядок величины и, таким образом, удержание кажущейся на первый взгляд малой поправки в числителе для χ_{xy} приводит к дополнительному уширению резонансной линии. Таким образом, вклад механизмов рассеяния магнитной энергии на высокочастотные свойства материала определяется не только соотношением между характерными параметрами задачи с размерностью обратного времени, включающими частоту внешнего поля, частоту собственных колебаний в режиме свободной прецессии, частоту релаксационных колебаний, но и соотношением между произведением этих параметров. Естественно, что в области резонансов слабые изменения параметров среды могут привести к ощутимым явлениям при передаче сигналов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гуревич А.Г.. Фериты на сверхвысоких частотах. / А.Г.Гуревич – М.: Физматгиз. 1960. – 407 с.
2. Гуревич А.Г. Магнитные колебания и волны./ А.Г.Гуревич, Г.А.Мелков. – М.: Наука, 1994. – 462 с.
3. Соболев В.Р., О влиянии геометрии образца на частоту прецессии магнитного момента / В.Р. Соболев., С.А. Гурецкий., С.А. Лугинец.. Н.А. Каланда // Материалы III Международного научного семинара Наноструктурные материалы 2004, Минск, 12–15 октября 2004 – Мн. 2004. – С. 200-201.

УДК 631.365.22

УСТАНОВКА ДЛЯ СУШКИ ЗЕРНА

Цубанов А.Г., канд.тех.наук, доцент, Синяков А.Л., канд.тех.наук, доцент

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

Конвективные установки для сушки зерна характеризуются большим потреблением теплоты на технологический процесс сушки зерна до нормируемой влажности.

Известная установка для сушки зерна содержит шахтную сушилку с двумя секциями для сушки зерна, основной центробежный вентилятор, теплогенератор с теплообменником – воздухонагревателем.

Установка работает следующим образом. Центробежный вентилятор подает предварительно нагретый в теплогенераторе воздух в сушильные секции сушилки, где он нагревает падающее «сверху вниз» зерно, впитывает в себя водяные пары, образующиеся при сушке зерна и выбрасывается в наружную среду. Такая сушилка работает недостаточно эффективно, так как большое количество теплоты выбрасывается в наружную среду с воздухом, выходящим из сушильных секций.

Для повышения эффективности работы установка снабжена двумя дополнительными центробежными вентиляторами, двумя гладкотрубными регистрами.

Соответствующее включение перечисленного оборудования в конструкцию существующей сушилки позволяет использовать теплоту сушильного агента с выхода секций шахтной сушилки для предварительной сушки зерна на открытой обогреваемой площадке.

Усовершенствованная конструкция зерносушилки приведена на фиг.1. 2. 3.

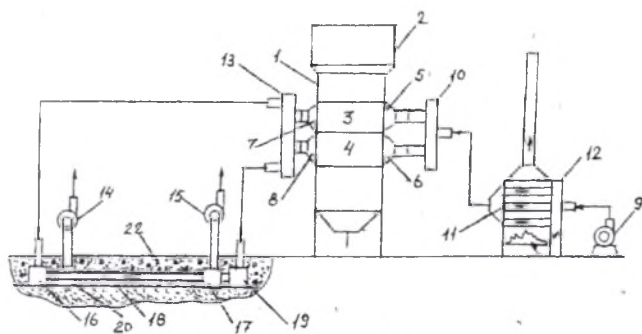
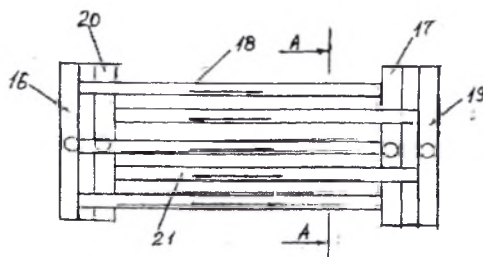
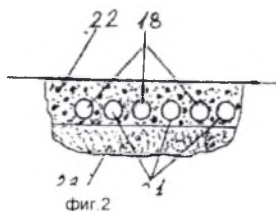


Рис.1

Установка для сушки зерна содержит шахтную сушилку 1 с бункером 2 для зерна и двумя секциями 3, 4 для сушки зерна, которые оборудованы распределительными 5, 6 и собирающими 7, 8 коллекторами сушильного агента, основной центробежный вентилятор 9, вход которого сообщен с наружной средой, а к выходу присоединены распределительные коллекторы 5, 6 секций 3, 4 через раздаточный коллектор 10 и теплообменник 11 теплогенератора 12.



Установка снабжена смесительно-распределительным коллектором 13, двумя дополнительными центробежными вентиляторами 14, 15 и двумя гладкотрубными регистрами, при этом первый регистр содержит распределительный и собирающий коллекторы 16, 17 и трубы-воздуховоды 18, а второй - распределительный и собирающий коллекторы 19, 20 и трубы-воздуховоды 21.



Гладкотрубные регистры размещены в бетонной стяжке 22 участка площадки для сушки зерна таким образом, что между труб-воздуховодов 18 первого регистра расположены трубы-воздуховоды 21 второго регистра, а распределительный 16 и собирающий 20, собирающий 17 и распределительный 19 коллекторы соответственно первого и второго регистров соответственно расположены в начале и конце участка, оборудованного трубами-воздуховодами 18, 21, при этом ко входам и выходам смесительно-

распределительного коллектора 13 соответственно присоединены собирающие коллекторы 7, 8 секций 3, 4 и распределительные коллекторы 16, 19 гладкотрубных регистров, собирающие коллекторы 17, 20 которых присоединены соответственно ко входам дополнительных вентиляторов 14, 15, сообщенных выходами с наружной средой.

Для увеличения срока эксплуатации установки трубы-воздуховоды 18, 21 регистров выполнены из коррозионностойкого материала, например из оцинкованной стали. Для уменьшения потерь теплоты в грунт под бетонной стяжкой, в которой размещены регистры, расположен теплоизоляционный слой 23 из речного песка.

Установка для сушки зерна работает следующим образом. Подключают к электросети двигатели вентиляторов 9, 14 и 15, при этом вентилятор 9 подает предварительно нагретый наружный воздух до требуемой температуры (сушильный агент) в теплообменнике 11 теплогенератора 12 через раздаточный коллектор 10 и распределительные коллекторы 5, 6 в секции 3 и 4 шахтной сушилки.

Проходя через секции 3, 4, сушильный агент ($70...150^{\circ}\text{C}$) нагревает движущееся по секциям зерно, поступающее в секции из бункера 2 шахтной сушилки *U* при этом сушильный агент впитывает в себя водяные пары, выделяющиеся из зерна при его нагревании и через собирающие коллекторы 7, 8 секций поступает в смесительно-распределительный коллектор 13. В результате смешивания сушильного агента из секций 3, 4 в коллекторе 13 на его выходах имеем сушильный агент с одинаковой температурой, который затем поступает в гладкотрубные регистры через распределительные коллекторы 16 и 19. Из коллектора 16 сушильный агент дополнительным вентилятором 15 протягивается по трубам-воздуховодам 18 и через собирающий коллектор 17 поступает на его вход и выбрасывается в окружающую среду. Из коллектора 19 сушильный агент дополнительным вентилятором 14 протягивается по трубам-воздуховодам 23 и через собирающий коллектор 20 поступает на его вход и выбрасывается в окружающую среду.

При движении теплового сушильного агента по трубам-воздуховодам 18 и 21 гладкотрубных регистров он нагревает бетонную стяжку участка площадки, в котором расположены трубы-воздуховоды 18 и 21. При этом обеспечивается одинаковая температура поверхности бетонной стяжки 22 из-за встречного движения сушильного агента в рядом расположенных трубах-воздуховодах 18 и 21, которая в зависимости от температуры сушильного агента ($70...150^{\circ}\text{C}$) может быть $40...70^{\circ}\text{C}$. Нагретый участок бетонной площадки совместно с тепловым излучением солнца используется для подсушки зерна до кондиционной влажности, если влажность зерна после уборки оказывается выше критической на 2...3 %. Кроме того, нагретый участок бетонной площадки совместно с тепловым излучением солнца используется для сушки зерна слоем 10...20 см с гребнистой поверхностью, при этом слой зерна нагревается до $50...60^{\circ}\text{C}$, что способствует ускорению процесса сушки зерна. При нагреве слоя зерна сверху тепловым излучением солнца и снизу теплотой сушильного агента через бетонную стяжку влага интенсивно испаряется со всего слоя зерна. Кроме того, процесс сушки зерна на открытой площадке ускоряется при регулярном и тщательном перелопачивании слоя зерна.

Обогреваемый бетонный участок может быть использован для предварительной сушки зерна с последующей подачей зерна в бункер сушилки.

Повышение эффективности работы зерносушилки за счет дополнительного использования при помощи гладкотрубных регистров, расположенных в бетонной стяжке участка площадки для сушки зерна, и дополнительных центробежных вентиляторов теплоты сушильного агента с выхода секции шахтной сушилки для окончательной или предварительной сушки зерна, в результате чего уменьшается расход углеводородного топлива на сушку зерна.

Конструкция установки для сушки зерна защищена патентом BY 5504 F 26 B 9/06.

17/00.2009

РОБОТЫ В ПОЛЕ

Башилов А. М., д. т. н., профессор, Загинайлов В. И., д. т. н., профессор,

Судник Ю. А., д. т. н., профессор

ФГОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина», г. Москва, Россия

Введение

Системы точного земледелия получают все большее признание и распространение. Это новый подход в сельском хозяйстве, при котором на небольших участках поля неоднородного по рельефу, почвенному покрову, агрохимическому содержанию, применяются наиболее подходящие агротехнологии. По сути это оптимальное управление для каждого поля, участка, растения, которое даёт снижение энергозатрат и затрат на семена, удобрения, пестициды и гербициды. При этом улучшается качество продукции и состояние угодий. Но как рассмотреть каждый метр земли и каждое растение на площади в тысячи гектаров?

Это возможно, применяя систему управления роботизированными агротехническими комплексами точного земледелия на основе технического зрения и навигации. Эта система представляет собой набор технических средств различной сложности.

1. Беспилотный летательный аппарат для видеоинспекции полей.

Например: Беспилотный авиационный комплекс «Инспектор», на базе микролетательного аппарата весом 900 грамм и дальностью полёта 45 км, предназначен для решения задач обнаружения неравномерности развития растений в период вегетации и фитосанитарной инспекции сельскохозяйственных угодий. В отличие от использования пилотируемого самолета, с чем связана масса проблем и денежных затрат, управлять комплексом может один человек, даже без специальной подготовки. В результате мы получаем видеоматериал высокого качества, на основе которого составляется электронная карта поля.

2. Мобильный наземный агрегат и мониторинг растений в посадках.

Сельскохозяйственное поле, неоднородное по рельефу, почвенному покрову, агрохимическому содержанию, требует на каждом участке применения оптимальных агротехнологий.

Спутниковые системы навигации дают координаты реального объекта обработки (межа, междурядья картофельного поля и т.п.) с большой ошибкой. Это ухудшает эффективность применения геоинформационных систем и не позволяет эффективно решать проблемы точной обработки пашни, внесения удобрений и ядохимикатов.

Для повышения точности земледелия мониторинг сельскохозяйственных угодий проводится мобильными наземными средствами (трактор-автомобиль) оснащёнными системами технического зрения и навигации.

На базе системы технического зрения можно проводить анализ состояния посевов, урожайности, засоренность сорняками и вредителями. Но поскольку необходима привязка полученных данных к участку местности (2D карта) и рельефу (3D карта) поля необходимо синхронизировать съемку с навигационными данными, за счет применения GPS или ГЛОНАС.

3. Стереоскопическая система технического зрения.

Основные функции стереоскопической системы технического зрения при реализации агротехнологий в системе точного земледелия.

1. Привязка мобильного средства к реальному текущему местоположению в полевых условиях: к отдельным растениям, меже, к междурядьям картофельного поля и т.п.

2. Вычисление траектории движения мобильного средства на основе видеоданных.

3. Обнаружение препятствий, обочин, межи, человека или животного.

4. Определение состояния посевов с подробностью до одного растения, их удельной растительной массы, наличие сорняков, вредителей.

5. Уточнение координат текущего местоположения транспортного средства по ориентирам для увеличения точности и повышения надежности навигации.

6. Сопровождение целевого внесения удобрений и обработки химикатами с учётом физиологического состояния растений по данным бортовых датчиков.

4. Телескопический пост кругового видеонаблюдения.

Устанавливается в центре поля на телескопической вышке для кругового обзора территории поля, обеспечения охраны и мониторинга роста и развития агрокультуры.

Основные характеристики системы телескопического видеонаблюдения:

- Мобильная, быстро развёртываемая система теленаблюдения на базе телескопических мачт.

- Время подготовки к работе – одна минута.

- Полная высота подъёма от 6 до 19 метров.

- Одна или две купольные камеры с круговым обзором закрепляются на телескопической мачте.

Всю территорию инспектируемой области можно "перекрыть" вышками с установленными на них телекамерами, с помощью которых будет проводиться круглосуточное видеонаблюдение за состоянием полей. Там же, где вышек нет или их не целесообразно устанавливать, предполагается использовать мобильные наблюдательные системы - телескопическая вышка монтируется на грузовике ЗИЛ-130, что позволяет быстро перебрасывать такие системы в инспектируемые зоны.

5. Спутниковая навигация, параллельное вождение и доруливание.

Система параллельного вождения предполагает активное участие механизатора в управлении машиной по схеме: «измерение текущих координат сельхозмашины – отображение отклонений от заданного маршрута на табло в кабине вращения механизатором рулевого колеса для удержания агрегата на заданном маршруте». В общем случае система параллельного вождения состоит из GPS-приемника с внешней антенной, контроллера и курсоуказателя. Системы легко и быстро устанавливаются на любой сельскохозяйственный агрегат. Требуется только подключение к электропитанию и установка внешнего блока (приемник GPS) на входящих в комплект магнитной либо воздушной (если крыша машины из пластика) присосках. Обучение механизаторов использованию этого типа оборудования занимает, в зависимости от желаемой «глубины» изучения, от нескольких минут до суток.

Основное преимущество использования систем параллельного вождения – уменьшение ошибок при обработке полей. Практика показывает, что, например, при опрыскивании культур традиционными способами большинство операторов предпочитают проходить соседние ряды с перекрытием, чтобы избежать пропусков. В результате взаимное перекрытие рядов, даже с использованием пенных маркеров, составляет не менее 5 %. Применение курсоуказателей снижает перекрытие до величины менее 3 %. Особую популярность системы параллельного вождения завоевали в Австралии и США. Точность, достигаемая в результате использования навигационных систем, позволяет фермерам каждый год практически безошибочно находить технологическую колею. Экономический эффект применения систем параллельного вождения: при средней стоимости одного комплекта ~7 тыс. долл. при опрыскивании полей общей площадью 1 000 га, окупается за один сезон.

Помимо решения текущих задач во время выращивания культуры, робото-технический комплекс позволяет:

1. Проводить мониторинг урожайности и составлять карты урожайности полей.

2. Накапливать и хранить данные, которые позволяют отслеживать динамику процессов выращивания культуры.

6. Диспетчерский информационно-коммуникационный центр управления агротехническими процессами.

В любой технологии электронно-оптического мониторинга и управления сельскохозяйственным производством одно из основных мест занимает система видеонаблюдения, так как именно она даёт наиболее полную информацию об идентифицируемом объекте и его поведении. На рис. 1 приведена схема организация управления территориально распределённым аграрным производством с использованием мобильных и дистанционных систем видеонаблюдения.

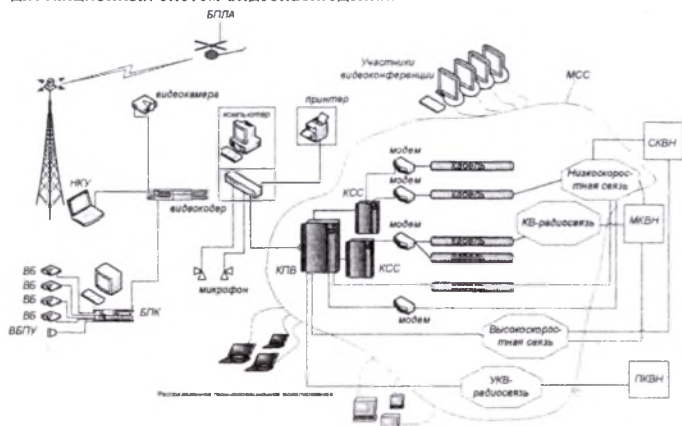


Рис. 1. Организация управления территориально распределённым аграрным производством с использованием мобильных и дистанционных систем видеонаблюдения:

МСС – мультисервисная сеть связи; БПЛА – беспилотный летательный аппарат; НКУ – наземный комплекс управления видеоцифровой съёмкой; УВК – устройство видеоконтрольное с блоком питания и коммутации; БПК – бортовой передвижной видеокомплекс; ВБ – видеокамера бортовая; ВБПУ – видеокамера бортовая с поворотным устройством; КПВ – коммутатор пакетный высокоскоростной; ККС – контроллер каналов связи; ПКВН – переносной комплекс видеонаблюдения; МКВН – мобильный комплекс видеонаблюдения; СПВН – стационарный пункт видеонаблюдения и управления.

Видеокамеры (ПКВН, МКВН, СПВН, ВБ, ВБПУ, БПЛА) направленные на объекты аграрного производства выдают на выходе видеосигнал (видеокадры, видеоряды, видеопотоки). По коаксиальным кабелям и беспроводным радиоканалам видеoinформация поступает на рабочее место оператора и через коммутаторы КПВ и ККС выводятся на экран монитора. Дополнительно могут быть реализованы различные автоматизированные режимы: организации и архивации видеoinформации с возможностью повторного просмотра; обнаружения траектории движения подвижных объектов, распознавания объектов по морфологическим признакам; концентрирования внимания оператора на видеокамерах, зафиксировавших отклонение поведения объектов и агротехнологических параметров.

Видеонаблюдение может осуществляться как с наземных камер, расположенных на мобильных транспортных средствах, так и с использованием видеокамер, расположенных на беспилотном летательном аппарате [1-2]. На стационарных пунктах видеонаблюдения и управления собирается видеoinформация с нескольких мобильных комплексов. Для её отображения используется специализированный монитор, программы анализа и обработки потоков видеоцифровых изображений. Монитор позволяет отображать информацию от четырёх и более направлений видеонаблюдения, принимать управляющую информацию от видеорегистраторов, сопровождая звуковыми и световыми сигналами или командами на автоматические исполнительные устройства. Предлагаемые технические решения позволяют, в общем случае, построить мобильные системы дистанционного наблюдения за объектами аграрного производства и территориями любой протяжённости и размеров.

Для реализации предложенного проекта управления территориально распределённым аграрным производством с использованием мобильных и дистанционных систем видеонаблюдения требуются значительные материально-финансовые затраты. Однако если считать неиспользованные возможности, потенциально существующие, но неустраиваемые, то мы имеем заведомо залоговую эффективность их применения.

Выводы

1. Сельскохозяйственное производство имеет безграничные, неустраиваемые информационно-управляющие ресурсы для развития и совершенствования агротехнологических процессов.

2. Для решения проблем энергоресурсосберегающей оптимизации агротехнологических процессов наиболее адекватным является разработка системы управления роботизированными агротехнологическими комплексами с использованием мобильных дистанционных систем видеонаблюдения и навигации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Башилов А.М. Визуализация и наблюдение системной сложности точного земледелия. Машинные технологии производства продукции в системе точного земледелия и животноводства. М.: «Издательство ВИМ», 2005, с.207-213.

2. Башилов А.М. Безграничные возможности инновационных технологий видеонаблюдения и видеoadминистрирования // Вестник МГАУ, 2007.

УДК 631.171: 65.011.56-52

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ В СИСТЕМАХ ЛОКАЛЬНОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Волкова Е.С., ст. преподаватель

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

Современное научно-техническое преобразование в технологии сельскохозяйственного производства приводит к тому, что информационных данных даже квалифицированным специалистам недостаточно для того, чтобы эффективно управлять сложными технологическими процессами на животноводческих комплексах, птичниках, тепличных комбинатах.

Разработка и внедрение систем автоматизации для таких технологических процессов на традиционных средствах автоматизации требует огромных материальных. Финансовых и интеллектуальных затрат. Новые возможности для высокоэффективной автоматизации технологических процессов сельскохозяйственного производства открывает применение микропроцессорных средств автоматизации в системах управления.

С 1996 года началось промышленное производство логических модулей, которые изначально задумывались как промежуточные звенья между традиционными элементами автоматики (контакты, реле времени и т.д.) и программируемыми контроллерами. В нем вместо соединения проводов должно было использоваться логическое соединение функций, обычно реализуемых аппаратно с помощью отдельных устройств. Но в отличие от программируемых контроллеров сложность устройств должна была позволить работать с ними персоналу без специальных знаний в области программирования. Задуманное в полной мере удалось в α -контроллерах. Для подключения к источникам сигналов и исполнительных устройствам α -контроллеры первого поколения имели 6 или 12 дискретных входов. Затем к дискретным входам добавилось два аналоговых.

Начиная с 2001 года стали выпускать модули, в которых увеличение числа обслуживаемых входов и выходов обеспечивается с помощью дополнительных модулей расширения. В таких вариантах микроконтроллеров можно реализовать максимум 24 дискретных и 8 аналоговых входов. А также 16 дискретных выходов. Напряжение питания модуля может быть 12/24 В постоянного тока, 24 и 230 В переменного тока. Выходы могут

быть транзисторными и релейными. Нагрузочная способность последних (до 10 А) обеспечивает непосредственное подключение достаточно мощных исполнительных устройств. Кроме того, к такому микроконтроллеру можно подключить коммуникационные модули для работы в сетях AS – interface, EIB Instabus или LON. Существуют и логические модули для дисплея и клавиатуры. Благодаря чему они почти на 20 процентов дешевле.

Главной особенностью α - контроллеров является то, что схема реальной автоматики собирается из программно реализованных функциональных блоков. В распоряжении пользователя имеется восемь логических функций типа И, ИЛИ и т. д., большое число реле с задержкой включения и выключения. Импульсное реле. Реле с самоблокировкой. А так же такие функции, как выключатель с часовым механизмом. Тактовый генератор, календарь, часы реального времени с возможностью автоматического перехода на летнее (зимнее) время и др.

Программирование α - контроллеров, а точнее ввод схемы, может выполняться с помощью встроенной клавиатуры и дисплея. Оно сводится к выбору необходимых функциональных блоков, соединению их между собой и заданию параметров настройки блоков (задержек включения /выключения, значения счетчиков и т.д.).

Однако, ввод программы с панели управления является делом неблагодарным и может быть оправдан только для небольших по объему программ или в случае острой необходимости внесения корректив в уже разработанную программу непосредственно на объекте. А учитывая то, что программу все равно предварительно приходится прорисовывать на бумаге, становится очевидным необходимость использования программного продукта. Этот пакет позволяет разрабатывать в графической форме и документировать программы на компьютере и, кроме того отлаживать их в режиме эмуляции логического модуля. Принцип работы аналогичен используемому при ручном вводе. Но эффективность во многом выше. Выбранные функциональные блоки мышью перетаскиваются на рабочее поле, затем соединяются и параметрируются. Для каждого функционального блока может быть написан комментарий, который существенно облегчит понимание принципа работы программы другому пользователю или поможет самому разработчику через некоторое время вспомнить собственные замыслы. Часто имеет смысл разработанную программу протестировать с помощью встроенного эмулятора контроллера. Если по результатам эмулирования корректировка программы не требуется, то ее можно загрузить в память – контроллера с помощью специального кабеля, подключаемого к тому же гнезду, что и модули памяти. Такой язык программирования получил название FBD (функционально блочных диаграмм).

УДК 004.932

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕКТОРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Галушко Е.В., к.т.н., Ролитч О. Ч., к.т.н.

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

Задача моделирования природных и сельскохозяйственных объектов актуальна при построении тренажерной техники для эффективного обучения методике эксплуатации энергонасыщенных мобильных агрегатов. Процесс моделирования состоит как в создании реалистичных трехмерных моделей сельскохозяйственных объектов, так и в разработке математических моделей их поведения в реальных условиях.

Целью данной работы является автоматизация процесса генерации трехмерных векторных моделей сельскохозяйственных объектов на основе их растровых изображений. В частности, в тренажере зерноуборочного комбайна таковыми объектами являются зерновая растительность и органы управления. Модели органов управления предназначены для разработки программ симуляции как одного из этапов создания и отладки комплексного тренажера.

Модель растительности зерновых культур может строиться как наложением сглаженной текстуры поля на функцию поверхностного рельефа, так и путем синтеза поля посредством размножения отдельных элементов-колосьев. Второй способ является более предпочтительным в случае визуализации и анализа динамики поведения стеблестоя во время полевых работ и в зависимости от погодных условий. Действие природных факторов на интегральный объект-поле моделируется посредством деформации отдельных элементных образов известными математическими методами на базе операторов растяжения и сдвига слоев векторного изображения [1, 2].

Сложность поставленной задачи заключается в формировании трехмерной матрицы поверхностных координат целевого объекта, исходя из проекции распределения интенсивности отраженного излучения на плоскость фотокамеры. Искомая проекция представляется растровым изображением с умеренным уровнем помех.

Предлагаемое решение задачи является модификацией проекционного способа считывания формы трехмерного объекта [3] и состоит:

- в преобразовании гистограммы исходного растрового изображения;
- в последовательном выделении замкнутых или почти замкнутых контуров растрового изображения в соответствии с постепенно снижающимся порогом и формировании изолиний равной интенсивности;
- в оценке расположения источника света, исходя из плотности изолиний и подобия ограниченных ими фигур;
- в выделении замкнутых контуров с однородным распределением интенсивности на основе оператора Лапласа;
- в пространственном дифференцировании исходного изображения по градиентным направлениям отраженного светового потока и выделении контуров информационных фрагментов моделируемого объекта;
- в аппроксимации выделенных контуров замкнутыми кривыми второго порядка или сплайн-аппроксимации кривыми первого и второго порядков, формирующие в результате плоскую фигуру с выраженной осью симметрии;
- в сглаживании и коррекции распределения интенсивности по градиентным направлениям отраженного светового потока;
- в оценке распределения пространственных координат моделируемого объекта.

Результаты решения поставленной задачи на объектах-органах управления энергонасыщенной техникой, в частности, комбайном «Полесье GS1218» отражены на рис. 1.

Рычаг состоит из двух областей:

– рукоятки, верхняя часть которой моделируется эллипсоидом, а нижняя – гиперболоидом вращения по эллипсу с радиусами полуосей, функционально зависящими от координаты оси, перпендикулярной плоскости изображения;

ствол в форме параллелепипеда с поперечным квадратным сечением.

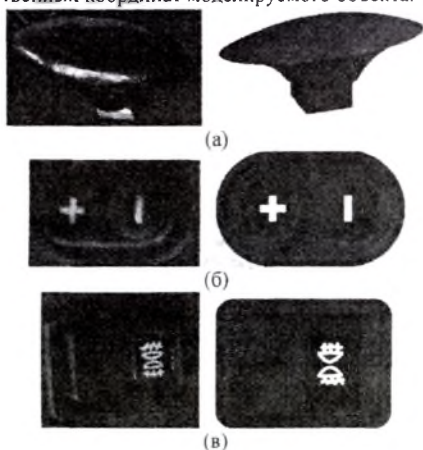


Рис. 1. Растровые и соответствующие им векторные изображения рычага (а), регулятора (б) и выключателя (в) пульта управления комбайном «Полесье GS1218»

В регуляторе выделяются: внешний обод, являющийся сплайн-аппроксимацией окружности и прямой, и моделируемый цилиндрической поверхностью, и внутренняя плоскость с выемкой и выпуклостью, моделируемые участками сферы с центрами, расположенными симметрично по обе стороны относительно уровня внутренней плоскости регулятора.

Особую значимость в задачах создания тренажерной техники представляют объекты со сложной формой: колосья, стеблестой, деревья, кустарники, растения. Моделирование их векторных образов необходимо при визуализации динамики ближней зоны, например, в жатке комбайна. Применение предложенного способа в оценке распределения координат по поверхности объекта сложной формы является целью дальнейших исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шестаков К. М. Теория принятия решений и распознавание образов. Курс лекций / Мн.: БГУ, 2005 – 184 с.
2. Ролич О. Ч. Обработка пространственно-временных трехмерных изображений при идентификации подвижных объектов со стационарной и изменяющейся формой поверхности: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.01 / О.Ч. Ролич; Белорус. гос. ун-т. – Минск, 2007. – 21 с.
3. Патент JP 3456096 B2, G 01 B 11/24. Способ определения формы / Otsuka Michio // Изобретения стран мира. – 2004. – № 19. – С. 43.

УДК 631.371: 681.5

ОБЗОР РЫНКА АСКУЭ ДЛЯ МЕЛКОМОТОРНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Громова В.С., ассистент

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

Основной экономической эффект для потребителя от применения АСКУЭ состоит в уменьшении платежей за используемую энергию и мощность, а для энергокомпаний - в снижении пиков потребления и уменьшении капиталовложений на наращивание пиковых генерирующих мощностей. Однако простой перенос автоматизированных систем учета, используемых на промышленных предприятиях, в сельскую местность экономически нецелесообразен из-за относительно низкого потребления среднего бытового абонента и многочисленности этих абонентов. В связи с этим возникает потребность в учете специфики процессов электроснабжения и коммерческого учета электроэнергии для бытовых и мелкомоторных потребителей, в числе которых следующие:

- ✓ неравномерная концентрация электропотребителей;
- ✓ наличие, слабое развитие или отсутствие готовой к использованию в АСКУЭ телекоммуникационной инфраструктуры в масштабах зон деятельности энергосбытовых организаций электрических сетей и энергосистем;
- ✓ наличие распределенной сети электроснабжения, включающей в себя кабельные и воздушные линии электропередач (ЛЭП) большой протяженности с проводами без изоляции, а также их комбинации;
- ✓ законодательное противоречие, связанное с размещением приборов учета на объектах частной собственности;
- ✓ невозможность (законодательно и технологически) оперативно в одностороннем порядке прекратить процесс энергоснабжения физических лиц, даже если они являются должниками;
- ✓ возможность несанкционированного подключения к линиям электроснабжения с целью хищения электроэнергии и умышленного или случайного внесения помех (нарушения качества электроэнергии) в питающую сеть при подключении различного электрооборудования;
- ✓ возможность умышленного искажения показаний электросчетчиков со стороны потребителей электроэнергии и др.

1. Основные требования к АСКУЭ для бытовых и мелкомоторных энергопотребителей электрических сетей напряжением 0,4 кВ

- ✓ обеспечение автоматизации расчетов за электроэнергию между поставщиком и потребителем в интеграции с финансово-расчетными структурами с целью контроля сроков и объемов платежей;
- ✓ обеспечение возможности оптимизации режимов энергопотребления с целью удовлетворения интересов субъектов рынка и реализации политики энергосбережения;
- ✓ контроль и управление режимами энергопотребления, как по финансовому обеспечению, так и по технологическим параметрам на уровне каждого энергопотребителя в рамках действующего законодательства;
- ✓ возможность обнаружения фактов и локализации мест хищения электроэнергии;
- ✓ обеспечение возможности контроля качества поставляемой абоненту электроэнергии с фиксацией и сигнализацией отклонений показателей качества электроэнергии от норматива;
- ✓ формирование достоверных данных для производственной и статистической отчетности о полезно отпущенной и реализованной электроэнергии, а также для анализа режимов энергопотребления и потерь без вторжения на территорию потребителя электроэнергии;
- ✓ соблюдение метрологических характеристик;
- ✓ идентификация режимов и параметров работы объекта автоматизации и элементов системы в любой момент времени;
- ✓ транспорт (передача) информации между элементами системы с необходимой скоростью, в заданное время и без искажений;
- ✓ управление;
- ✓ обеспечение требуемых показателей надежности и информационной безопасности;
- ✓ информативность;
- ✓ обеспечение необходимого уровня сервиса без нарушения целостности процесса функционирования АСКУЭ;
- ✓ эффективная работа на территориях с различной концентрацией потребителей.

2. Варианты построения системы

Для работы с коммерческими абонентами (мелкомоторная группа) более удобна получетрализованная архитектура. Может служить основой для создания полной системы телеуправления.

Включая в себя установленные в корпусах счетчиков интерфейсные модули, необходимую инфраструктуру (один концентратор на каждый распределительный трансформатор). Функции управления и конфигурирования выполняются специальной программой портативного компьютера, соединенного с последовательным портом концентратора.

Получетрализованная архитектура позволяет энергосбытовой организации производить измерения, минимизируя расходы на центральное оборудование, избегая необходимости нанесения визита в жилище абонента и посещая только места установки концентраторов с портативным компьютером.

3. Варианты АСКУЭ для мелкомоторных потребителей

Десятки инженеринговых компаний предлагают сегодня различные варианты АСКУЭ для рынка электроэнергии. В качестве ПО верхнего уровня используются как широко распространенные продукты – «АльфаЦЕНТР», «Пирамида», «Энергосфера», так и собственные оригинальные разработки. Это касается и других элементов АСКУЭ – УСПД, счетчиков.

➤ АСКУЭ Smart Ims для розничного рынка (ООО «Матрица»)

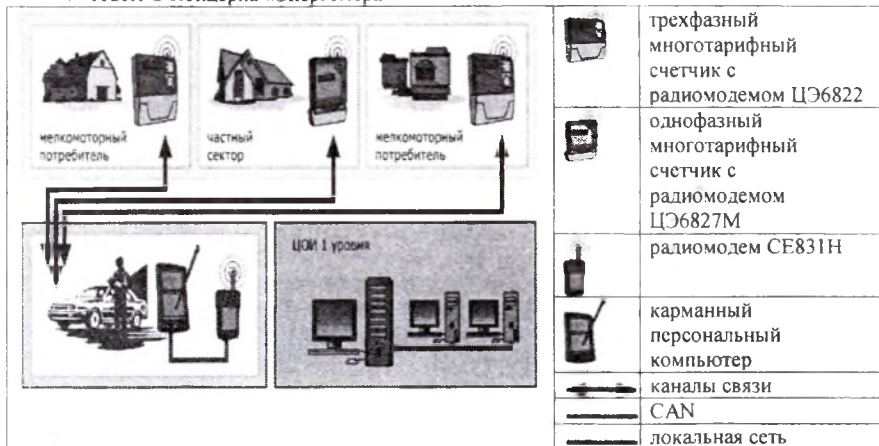
Некоторые особенности: наличие в счетчиках системы контроля текущих параметров сети, в том числе датчика дифференциального тока (в совокупности с силовым реле выступает как эффективное устройство от различных аварийных режимов и

несанкционированных отборов электроэнергии); полностью автоматическое определение всех устройств сети, без предварительного присвоения сетевых адресов и программирования, удаленная конфигурация всех параметров счетчика; информационный обмен УСПД и Центра по Ethernet или GSM\GPRS каналу благодаря встроенному модему (наиболее дешевый вариант без проведения дополнительных работ по прокладке проводов связи).

➤ Система Bee.Net (ЗАО «ТелеСистемы»)

Особенности системы: рядом со счетчиками устанавливаются устройства, обеспечивающие проводной или беспроводной выход в Интернет. Проводной выход осуществляется с помощью ADSL модемов и услуг выхода в Интернет оператора проводной связи, беспроводной выход обеспечивает GPRS-коммуникаторами и операторами мобильной связи. Опрос счетчиков производится сервером, который может находиться в любой точке мира и иметь статический «белый» IP адрес (адрес видимый в Интернете

➤ АСКУЭ Концерна «Энергомера»



На вводах электроснабжения абонентов устанавливаются однофазные или трехфазные электронные счетчики со встроенными модулями радиомодемов, обеспечивающие многотарифный коммерческий учет активной электроэнергии, имеющие класс точности 1. Для организации учета электроэнергии на трансформаторной подстанции применяется трехфазный прибор учета. Сбор информации осуществляет контроллер, используя переносной компьютер (либо КПК), по радиоканалам связи с рабочей частотой 433,92 МГц, не требующей лицензирования, посредством подключенного переносного радиомодема, производства ОАО «Концерн Энергомера». Центр обработки информации в составе сервера с установленным программным обеспечением КТС "Энергомера", обеспечивает репликацию данных с переносного компьютера, обработку и хранение данных коммерческого учета, формирование форм и отчетов требуемого формата и номенклатуры.

Таким образом, почти все мировые счеткостроительные компании мира уже многие годы работают над созданием простых, надежных и «дешевых» систем для бытовых потребителей, но в настоящее время ни одна из существующих АСКУЭ не нашла широкого применения в электрических сетях напряжением 0,4 кВ в виду трудностей, связанных с учетом широкого спектра особенностей процесса электроснабжения, при разработке данных систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сапронов А.А. Проблема создания эффективного организационно-экономического механизма управления процессом электроснабжения потребителей // Современные аспекты экономики. – 2002. – №6 (19).

2. Системы коммерческого учета потребления электроэнергии на базе PLC-технологий с передачей данных по сети GSM. Техническое описание. –М.: Группа компаний ТЭСС, 2004.

3. Медведев Д.В. Методика построения моделей автоматизированных систем управления технологическими процессами // Изв. вузов Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. – Новочеркасск, 2004. – Приложение №6.

УДК 635.21.077: 621.365

ВЗАИМОСВЯЗАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД АГРЕГАТОВ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЛЬНА С ПЕРЕДАЧЕЙ ИНФОРМАЦИИ ПО СИЛОВОЙ СЕТИ

Дайнеко В.А., канд. техн. наук, доц., Равинский Н.А., аспирант

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

Как известно, оптимизация технологического процесса переработки льна по одному контролируемому параметру даст весьма незначительный эффект. Поэтому, чем больше контролируемых параметров, тем больше возможность получения длинного волокна.

Следовательно, для повышения процентного выхода длинного льноволокна необходимо регулировать ряд параметров. Такими параметрами являются влажность, отделяемость, толщина слоя, дезориентация стеблей в слое и т.д.

Управление скоростями вращения всех машин технологической линии вызвано тем, что изменение скорости вращения рабочих органов одной машины требует изменения скорости вращения рабочих органов последующих машин.

Исходя из вышеизложенного, возникает необходимость разработки системы по сбору и передаче информации на контроллер с целью управления данным сложным технологическим процессом.

Основная задача здесь состоит в том, каким образом осуществлять передачу данных от датчиков влажности, скорости и т.д. Существует несколько способов передачи данных на расстоянии:

Использование выделенной линии (витая пара, коаксиальный кабель или оптическое волокно), специально предназначенной для передачи информации - самый надежный и наиболее распространенный способ передачи данных. Однако такая линия имеет слабую защиту от внешних воздействий и в случае повреждения линии определенный датчик прекратит работу. К тому же, прокладка дополнительных кабелей экономически невыгодна.

Коротковолновая радиосвязь является альтернативным видом передачи информации от датчика к контроллеру. Такой способ передачи данных не требует дополнительной прокладки кабелей. Такая связь может быть создана с использованием радио коммуникаций, таких как Bluetooth, WLAN (беспроводной локальной сети), или других нестандартных систем радиосвязи. Возможна передача сигналов с нескольких датчиков на один радиоприемник, который собирает информацию о контролируемых параметрах оборудования, посланную датчиками, и передает данные на контроллер. Однако использование радиосвязи на промышленных предприятиях может быть затруднено:

6. Металлические конструкции препятствуют распространению радиосигналов;
7. Бетонные стены ослабляют радиосигналы;
8. Другие виды радиоаппаратуры, функционирующей в той же полосе частот, являются причиной помех;
9. Некоторые промышленные устройства создают радиопомехи.
10. Необходимое расстояние передачи данных может быть слишком большим для короткого диапазона радиоволн;

11. Для работы датчиков контроля состояния оборудования с радио коммуникациями необходимо электропитание.

По сравнению с радиосвязью, связь по силовой электрической сети обладает некоторыми преимуществами. Для передачи данных от датчика к контроллеру нет необходимости прокладывать отдельные кабели. Низковольтный силовой кабель используется в качестве канала связи. Кроме того, многих проблем, как правило, относящихся к радиосвязи можно избежать. Например, для передачи данных по силовым сетям физические конструкции промышленных предприятий, такие, как стены или полы, не являются препятствием. Рабочее расстояние передачи данных по силовым сетям больше, чем при коротковолновой радиосвязи. Электропитание, необходимое датчикам, может быть непосредственно осуществлено с выводов электродвигателя.

В настоящее время существуют готовые решения по передаче сигналов по силовым сетям. Таким решением является PLC-модем. Такой модем является базовым элементом в системе АСКУЭ. Уже в ближайшее время использование PLC-модемов не ограничится только узлами учета. Оно может применяться для дистанционного управления любыми бытовыми приборами. Массовое применение PLC-модемов в быту делает их дешевым и почти "беспроводным" решением, обеспечивающее простоту использования, большое количество доступных точек подключения, надежность и ценовую эффективность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голуб А.И. Львоводство Беларуси / А. И. Голуб, А. З. Чернушок. – Борисов: Борисовская укрупненная типография, 2009. - 243 с.
2. Дистанционное переключение приборов через стандартные сети переменного тока // Информационный каталог ТГ4.7 11/92.– Берлин, 1992.– 7с.
3. Микуцкий, Г.В. Каналы высокочастотной связи для релейной защиты и автоматики / Г.В. Микуцкий. – Москва: Энергия, 1977. – 311 с.
4. Ерошенко, Г.П. Совершенствование устройства передачи сигналов дистанционного управления потребителями ВЛ 0,38 кВ / Г.П. Ерошенко, Ю.Н. Глубокий // Повышение эффективности использования электрического оборудования в сельском хозяйстве / Саратовский СХИ им. Н.И. Вавилова; редкол.: К.Г. Ахметов [и др.]. – Саратов, 1985.

УДК 635.21.077: 621.365

РЕЗУЛЬТАТЫ ОПЫТНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОЛОНКОВОЙ ЗЕРНОСУШИЛКОЙ СЗК

Дайнеко В.А., канд. техн. наук, доц., Шаукат И.Н., ст. преподаватель,
Прищепова Е.М., аспирант

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

Испытания системы управления колонковой зерносушилкой СЗК-8, работавшей на местном топливе (древесные отходы и дрова) производились в СПК «Нарочанские зори» Вилейского района во время уборочных кампаний 2005-2009 г. Система состояла из частотно-регулируемого электропривода выгрузного устройства, сверхвысокочастотного поточного влагомера зерна, измерительных преобразователей температуры зерна и теплоносителя, измерителя-регулятора температуры, управляющего дымососом.

Измерительный преобразователь влажности и температуры устанавливался в бункере под выгрузной норией. Температура зерна контролировалась в зоне нагрева и на выходе из сушилки.

Система управления эксплуатировалась в разомкнутом и замкнутом режимах. В первом случае процессом сушки управлял оператор, который следил за показаниями влагомера и

измерителей температуры. В замкнутом режиме влажность зерна на выходе контролировалась автоматически при помощи ПИД-регулятора преобразователя частоты.

Требуемая влажность зерна задавалась с пульта управления преобразователя частоты, максимальная температура зерна в зоне нагрева контролировалась измерителем-регулятором.

При влажности зерна, превышающей заданную, скорость его движения через сушилку уменьшалась за счет снижения частоты вращения электродвигателя выгрузного устройства; при уменьшении влажности зерна скорость соответственно увеличивалась.

При аварийном повышении температуры зерна в зоне нагрева срабатывала сигнализация, и оператор принимал решение об изменении режима сушки или отключал дымосос для быстрого снижения температуры топочных газов. Предусмотрено и автоматизированное управление дымососом, но при работе на твердом топливе из-за неуправляемого процесса горения присутствие оператора обязательно.

Разработанная система управления позволила повысить качество сушки зерна за счет непрерывного контроля его влажности и температуры, уменьшить время его сушки за счет выбора оптимальной скорости движения через сушилку. При исходной влажности до 18 % удавалось провести сушку загруженного в сушилку зерна за один проход, без рециркуляции.

Во время опытной эксплуатации разработки были определены метрологические характеристики сверхвысокочастотного влагомера зерна, разработанного кафедрой ЭСХП БГАТУ совместно с ООО «Микрорадар». Результаты испытаний оформлены протоколом специальных испытаний №58-2005 ГУ «Белорусская МИС». Испытания проводились на соответствие прибора требованиям технического задания на выполнение НИР по договору №051617 от 25.04.2005г. по рабочей программе испытаний.

Испытания влагомера проводились в лабораторных условиях в ГУ «БЕЛМИС» и в хозяйственных условиях при установке влагомера на зерносушилках М-819 в СПК «Щемыслица» Минского р-на и СЗК-8 (СПК «Нарочанские зори» Вилейского р-на.

Среднее значение основной абсолютной погрешности при лабораторных и полевых испытаниях составило соответственно 0,38 и 0,41 %, что соответствовало требованиям

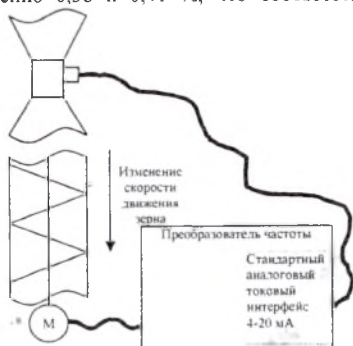


Рис.1. Схема САУ сушки зерна с прямым подключением частотного преобразователя к измерителю влажности

технического

задания.

Экономический эффект от использования системы управления на базе влагомера и регулируемого электропривода выгрузного устройства определяется двумя составляющими:

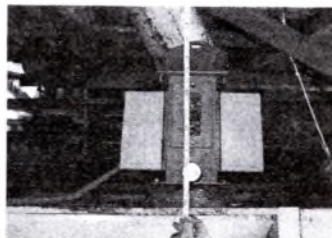


Рис.2. Первичный преобразователь СВЧ-влагомера зерна на выходе сушилки

$$\Xi = \Xi_n + \Xi_o,$$

где Ξ_n – прямой экономический эффект, полученный в результате экономии расхода топлива, Ξ_o – экономический эффект, обусловленный получением высушенного зерна заданного качества. Экономия топлива после оборудования сушилки приборами составила не менее 30%.

Благодаря поддержанию режима сушки в заданном температурном интервале, влажность зерна на выходе из сушилки поддерживается в заданном диапазоне (7...9%). Получение зерна высокого качества на выходе дает основную составляющую экономического эффекта Ξ_o .

ЛИТЕРАТУРА

- Государственная программа возрождения и развития села на 2005...2010г.г. [Текст]. – Минск: Беларусь, 2005. – 96с.
- Малин Н.И. Справочник по сушке зерна [Текст]: справочник/ Н.И. Малин. – Москва: Агропромиздат, 1986. – 112с.
- Жидко В.И. Зерносушение и зерносушилки [Текст]/ В.И. Жидко, В.А. Резчиков, В.С. Уколов. – Москва: Колос, 1982. – 248с.
- Птушкин А.Т. Автоматизация производственных процессов в отрасли хранения и переработки зерна [Текст]/ А.Т. Птушкин, О.А. Новицкий. – Москва: Колос, 1985. – 314с.

УДК 631.171: 65.011.56-52

МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ РАЗДАЧИ КОРМОВ

Жур А.А., ст.преподаватель, Ролич О.Ч.доцент

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

Рост технической оснащенности современных промышленных и сельскохозяйственных предприятий, увеличение единичной мощности оборудования, усложнение производственных процессов и связей между отдельными звеньями производства обуславливают необходимость повышения качества управления технологическими процессами. Решение этой задачи возможно на основе широкого внедрения комплексной автоматизации, в частности путем применения автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) с использованием микропроцессорной техники.

В настоящее время промышленные свиноводческие комплексы остро нуждаются в технической реконструкции, внедрении прогрессивных технологий. Нами накоплен определенный опыт разработки, изготовления и внедрения АСУ ТП в сельском хозяйстве.

Основными задачами АСУ ТП являются:

3. постоянный автоматический контроль технологических процессов приготовления и раздачи жидких кормов;
4. контроль и диагностирование работы технологического оборудования;
5. представление всей необходимой информации о показателях работы оборудования линии соответствующему персоналу.

Анализ накопленного опыта и литературных данных показали на высокую технико-экономическую эффективность применения микропроцессорной техники для управления технологическими процессами приготовления и раздачи жидких кормов. Используя информацию от датчиков и оперативную диагностику в режиме реального времени, оператор кормосмесительной может предсказать возникновение неисправностей, выхода оборудования из строя и нарушение технологического процесса.

Распределенность технологического оборудования на крупных свинокомплексах, отсутствие или невозможность, визуального контроля его состояния, негативно сказывается на успешном выполнении важнейших технологических процессов. В тоже время применение микропроцессорной техники для построения систем управления создает определенные предпосылки для обеспечения оперативной диагностики и контроля технологического оборудования в процессе эксплуатации. Нами накоплен определенный опыт использования избыточных программно-технических возможностей микропроцессорного контроллера для оперативной диагностики оборудования при автоматизации приготовления и раздачи жидких кормов на промышленном свиноводческом комплексе.

Отказ технологического оборудования практически реальная вещь и при разработке системы управления это важно учитывать. Поэтому в алгоритм управления необходимо заложить возможные отказы оборудования и, соответственно, корректный выход из такого состояния без нарушения технологического процесса.

Одним наиболее вызывающим нарекания оборудованием раздачи жидких кормов на промышленном свиноводческом комплексе является раздаточная тележка,двигающаяся по реечному пути с последовательным открытием и закрытием сливных кранов. Основными отказами для нее являются: буксование при съезде с крана и пропуск крана. Анализ работы автоматизированной системы раздачи жидких кормов показывает, что наиболее неприятными отказами оборудования является превышение времени открытия крана при сливе дозы корма в групповой станок и сбой последовательности счета групповых станков с животными. Первая авария, может привести к большим потерям жидкого корма. Поэтому при выдаче дозы жидкого корма осуществляется контроль промежутка времени, за который должна быть выдана заданная доза корма. При превышении времени выдачи заданной дозы корма, на пульт оператора выводится сообщение об аварии, которое дублируется звуковой или световой сигнализацией. Вторая авария, вызываемая ошибкой подсчета последовательности станков с животными, может привести к нарушению процесса кормления. Данные аварии возникают из-за нарушения работы раздаточной тележки. Для своевременного обнаружения аварийных ситуаций при раздаче жидкого корма производится программный контроль хода выполнения технологического процесса. В силу технологических причин, кормораздаточные краны располагаются на разном расстоянии, поэтому и время прохождения раздаточной тележкой последовательности кранов будет разным. Современная микропроцессорная техника предоставляет уникальные возможности в своевременной диагностике этих видов отказов.

Момент наезда тележки на кран определяется благодаря взаимодействию датчика конечного положения, расположенного на раздаточной тележке, с упором, расположенным рядом с краном. Порядковый номер кормушки, а, следовательно, и требуемая доза корма определяется по числу срабатываний датчика конечного положения, раздаточной тележки. Однако, возможна такая ситуация, когда по разным причинам - повреждение или разрегулировка упора происходит пропуск крана, что приводит к ошибочному порядку кормления и нарушению технологического процесса. При возникновении такой ситуации микропроцессорный контроллер, по сигналу от датчика в конце сектора выводит на дисплей

информацию о количестве зарегистрированных кранов. Для определения порядкового номера пропущенного крана в перерыве между кормлениями, запускают раздаточную тележку в специальном отладочном режиме. При этом, тележка при наезде на кран останавливается на время порядка 2 сек., и продолжает движение вперед до конца сектора. За движением тележки наблюдает оператор, и в случае, если тележка пропускает кран, оператор определяет порядковый номер пропущенного крана и принимает меры к устранению неисправности. Таким образом, определение порядкового номера неисправного крана требует проведения специальных работ и является достаточно длительным и трудоемким процессом.

В силу технологических причин, краны располагаются на разном расстоянии, поэтому время прохождения раздаточной тележки последовательности кранов является разным и определяется соотношением:

$$t_i = \frac{l_i}{v};$$

где t_i – интервал времени движения тележки от $i-1$ до i -го крана с,

l_i – расстояние между $i-1$ и i -м кранами, м

v – скорость движения тележки, м/с.

Пусть при нормальной эксплуатации тележки в одном из секторов получены эталонные интервалы времени движения тележки между последовательными кранами (см. 1 строку табл.). И пусть в процессе кормления пропущен один кран, т.е. в конце сектора получено число зарегистрированных кранов 23 и набор интервалов времени (см. строку 2 табл.).

Таблица

Реализация интервалов времени при движении раздаточной тележки

Режим эксплуатации	Интервал времени, с											
	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11		22-23
Эталон	5	6	8	10	10	10	10	10	10	10	...	10
Рабочий	5	6	20	10	10	10	10	10	10	10	...	10

Анализ данных таблицы показывает, что пропущен кран с порядковым номером 5.

Для анализа интервалов времени в память микропроцессорного контроллера записаны эталонные значения временных интервалов движения тележки между последовательными сливными кранами и число этих кранов. Если при движении тележек не сработает датчик положения тележки на кране и тележка пропустит кран, то микропроцессорный контроллер, анализируя промежутки времени и число зарегистрированных кранов, выдает на табло пульт оператора соответствующую информацию о порядковом номере пропущенного крана. Применение указанного способа контроля раздачи кормов позволяет своевременно определять пропуски кранов и строго выдерживать программу кормления.

При движении тележки между кранами возможны две неисправности, когда тележка не движется из-за отсутствия сцепления между тележкой и реечным путем или из-за заклинивания. Для обнаружения первой неисправности производится контроль времени движения тележки между кранами. При превышении максимального времени движения тележки между кранами оператору выводится соответствующее сообщение. В случае заклинивания тележки производится контроль тока питания тележки. Если величина тока питания двигателя раздаточной тележки вышла за пределы заданной величины происходит отключение двигателя тележки и соответствующее сообщение оператору.

Для повышения эффективности диагностики технологических систем целесообразно предусмотреть вероятность ошибочных действий оператора и его способность компенсировать последствия отказов технических объектов и своих ошибок. К числу наиболее часто применяемых способов уменьшения количества ошибок операторов относятся: блокировка нежелательных действий, резервирование действий. Для блокировки

и диагностики нежелательных действий оператора, при проектировании микропроцессорной системы, были введены дополнительные аппаратные и программные средства. Режимы приготовления и раздачи жидкого корма не начинаются, если не выполняются определенные начальные условия. Резервирование действий состоит во введении дополнительных действий перед основным, которые исключают возможные ошибочные действия операторов. Приготовление или раздача жидкого корма не начнется, если переключателями не выбраны соответствующие режимы работы и не проведен диагностический контроль состояния технологического оборудования.

Многолетний опыт эксплуатации микропроцессорных систем управления показывает, что они легко и быстро осваиваются персоналом, обладают высокой надежностью и эффективностью.

При их проектировании и внедрении необходимо соблюдать следующие условия:

3. выбор программно-технических средств общепромышленного применения с высокой вероятностью безотказной работы;

4. использование избыточных программно-технических возможностей микропроцессорной техники для диагностики и предотвращения отказов технологического оборудования;

5. качественный монтаж, с защитой от электромагнитных помех;

6. обучение персонала и обязательное сопровождение действующей АСУТП.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гируцкий И. И., Жур А. А. Микропроцессорная техника в системе кормоприготовления. Механизация и электрификация сельского хозяйства. Москва, №7 1993г. с.12-13.

2. Дружинин А. Н. Надежность автоматизированных производственных систем. – М.: Энергия, 1986. 480с.

3. Гируцкий И.И., Жур А.А. Программно-информационное обеспечение диагностики технологического процесса кормления свиней. Агропанорама. №1. 2003.с. 6-10.

УДК 621. 34 : 628. 18

УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ НАСОСА ДЛЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Иванов Г.Я., д.т.н., проф, Кузнецов А.Ю., к.т.н.

*Новосибирский государственный аграрный университет
г. Новосибирск, РФ*

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы применения технических средств для повышения уровня автоматизированного контроля и управления электроприводом насоса водоснабжающей установки для условий небольшого фермерского хозяйства.

Научно-технический прогресс, определяющий мощный подъём производства, в значительной степени обусловлен широким внедрением достижений электроники и полупроводниковой техники.

Появление микроконтроллеров и микропроцессорных систем позволило из-за их дешевизны, малых габаритов, массы, мощности потребления и свойств программируемости функций решить проблему внедрения вычислительной техники в те области, в которых она ранее использовалась в весьма ограниченных масштабах, да и то на больших объектах.

Промышленностью России, а также ряда зарубежных стран выпускается много типов микроконтроллеров, благодаря которым обеспечены исключительные преимущества контроля, обработки информации и управления электроприводами широкого диапазона мощностей, используемых в технологических процессах разной сложности в сельской местности, в том числе для водоснабжения.

Так, например, для управления электроприводами, используемыми для водоснабжения, авторами была предпринята попытка использовать микропроцессорную

систему для управления системой водоснабжения фермерского хозяйства, причем при выборе схемы автоматизированного управления и используемого типа оборудования целесообразно исходить из максимальной простоты и доступности программного обеспечения, благодаря которым система контроля и управления может обслуживаться лицами, не являющимися специалистами в области вычислительной и компьютерной техники.

Эксперимент проводился в фермерском хозяйстве где используется безбашенная система водоснабжения. Система водозабора состоит из скважины, оборудованной погруженным насосом типа ЭЦВ с асинхронным электродвигателем мощностью 2,2кВт и предназначена для непрерывной подачи воды в потребительский водопровод (рис.1).

До установки системы контроля и автоматизации, включение насосов осуществлялось в ручном режиме, что из-за разного расхода воды в течении суток приводило к резким колебаниям давления в водопроводе и как следствие – перебон с водой, частые ремонты водопровода.

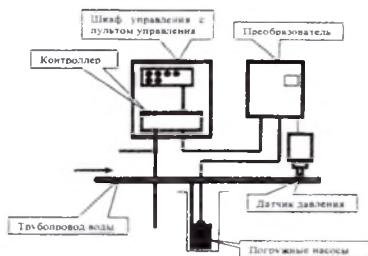


Рис.1. Схема работы оборудования водозабора.

Оптимизация всех факторов влияния на функционирование электропривода насосной установки была осуществлена с помощью комплекса технических средств системы частотного регулирования с векторным управлением асинхронным двигателем на базе микроконтроллера типа FX_{1N} семейства ПЛК MELSEC FX, позволяющих настроить систему контроля и автоматизации в соответствии с необходимыми требованиями технологического процесса.

Разработанная система контроля и автоматизации микропроцессорным контроллером включает в себя микропроцессорную систему (МПС), принтер (печать), монитор (дисплей) и контролируемые и управляющие приборы, установленные в схеме на объекте (рис. 2).

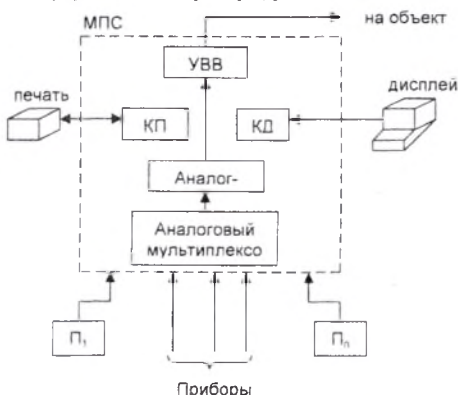


Рис.2. Комплекс технических управления.

Из схемы рис. 2 видно, что управление электроприводом насоса является далеко не единственной функцией, возлагаемой на микропроцессорную систему. Примененная микропроцессорная система – МПС состоит из аналогового мультиплексора, преобразователя «Аналог - код», модуля контроллера дисплея (КД), модуля контроллера печати (КП) и устройства ввод-вывод (УВВ).

Аналоговый мультиплексор состоит из двух аналоговых потенциометров для задания установок и встроенного переключателя режимов.

Преобразователь «Аналог - код» представлен модулями $FN_{IN} - 3A$ и имеет два аналоговых входа и один аналоговый выход. Модуль подключается к базовому с помощью защищенного шлейфового кабеля и обеспечивает преобразование аналоговых сигналов в цифровые и обратно.

Модуль контроллера дисплея (КД) типа $FN_{IN} - 5DM$ устанавливается непосредственно в контроллер для отображения и изменения состояния регистров контроллера.

Модуль контроллера печати (КП) представляет собой модуль дополнительного интерфейса типа $FN_{IN} - 322ADP$, который используется для подключения к базовому модулю контроллера периферийных устройств (в нашем случае принтера).

Для печати информации применен принтер типа Canon LBP 2900, в качестве монитора использован дисплей ноутбука модели ACER ASPIRE 5101AWLMI.

Для измерения потребленной электрической энергии используется счетчик электрической энергии типа СОЭБ-Н, а при необходимости ведения учета использования холодной воды можно использовать счетчик, например, типа ОСБ. На рисунке 3 приведена функциональная схема сопряжения аналогового мультиплексора и преобразователя «Аналог - код».

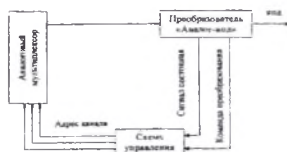


Рис. 3. Схема сопряжения элементов системы управления.

На видеотерминальное устройство выводится оперативная информация о ходе технологического процесса и текущая – по запросам. Ноутбук позволяет вводить – выводить информацию при работе с микропроцессорной техникой, хранить и редактировать ее. В случае необходимости возможна установка устройства алфавитно-цифровой печати, предназначенного для нанесения на бумагу необходимых данных о ходе контроля параметров автоматизированного управления технологическим процессом водоснабжения.

В основу решения задачи контроля автоматизированного управления электроприводом системы водоснабжения фермерского хозяйства положены следующие принципы: максимальная степень автоматизации процесса воздействия управляющих сигналов от микропроцессорной системы на электропривод насоса и сведение к минимуму числа ручных операций, повышение достоверности результатов автоматизированного контроля, высокая надежность системы, основанная на использовании микроконтроллера семейства ПЛК MELSEC FX и модульной структуры, максимальная простота программного обеспечения.

Примененный комплекс технических средств обладает высокой надежностью, широкими функциональными возможностями, обеспечивает совместимость модулей на электрическом, функциональном и программном уровнях, что снижает себестоимость водоснабжения и способствует рациональному расходу энергии для условий фермерского хозяйства.

ЛИТЕРАТУРА

7. Иванов Г.Я. Частотно-регулируемый электропривод с векторным управлением для водоснабжения в АПК / Г.Я. Иванов, А.Ю. Кузнецов, Г.А. Лисенков. // Информационные технологии, системы и приборы в АПК: сб. науч. тр. – Новосибирск: 2006. – с.251-258

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОДДЕРЖАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА В ПТИЧНИКЕ

Игнатчик Л.Л., Пашкевич А.П., Якубовская Е.С.

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

Исследованиями установлено, что продуктивность животных на 50–55% определяется кормами, на 20–25% — генетическими признаками и уровнем селекционно-племенной работы и на 20–30% — условиями микроклимата. И при неудовлетворительном микроклимате потенциальная продуктивность животных используется лишь на 20–30%, а срок их племенного и продуктивного использования сокращается [1, с. 242].

Птица отличается от животных более интенсивным обменом веществ. Так как теплообмен и терморегуляция у птицы взаимообусловлены, то температура, как один из основных факторов микроклимата, играет важную роль при этих процессах. При изучении влияния пониженных температур воздуха на яйценоскость кур в зимнее время установлено [2, с. 464], что при средней дневной температуре воздуха минус 4 °С яйценоскость кур снижается на 0,47 яйца на несушку. Температура минус 10 °С способствует резкому снижению яйценоскости кур. С понижением температуры воздуха в течение семи дней до минус 17–0 °С яйценоскость кур уменьшается до 0,12–0,13 яйца на голову, или в 3,5–4 раза. При повышении температуры до плюс 1 °С яйценоскость кур увеличивается в среднем до 0,51 яйца на голову в день. При установлении нормальной температуры (16–18 °С) яйценоскость кур восстанавливается в течение трех–десяти дней. Термонеutralной зоной для кур русской белой породы считается +15–25 °С. При температуре воздуха более 26 °С у кур повышается температура тела. Вес яиц снижается при температуре воздуха 38 °С и составляет только 89% веса, который был при температуре 21 °С. Только через две-три недели при нормальном температурном режиме вес яиц и толщина скорлупы достигают нормы. При температуре воздуха в птичнике плюс 38–40 °С наблюдается гибель кур от перегрева. Особенно опасно резкое повышение температуры, а также сочетание высокой температуры с высокой влажностью воздуха. Таким образом, от системы автоматического управления микроклиматом требуется поддержания оптимальной температуры воздуха в помещении на протяжении всего периода содержания.

В птичниках в жаркое время года, за счет тепла, выделяемого птицей, в помещении образуется значительный его избыток. Приточная система вентиляции птичника работает в режиме вытеснения из помещения углекислого газа и влаги. Для увеличения воздухообмена в птичнике летом с целью удаления избытка тепла используется принудительная вытяжная система вентиляции, при этом поступление воздуха в птичник происходит не только через приточные воздухообмены, но и вытяжные шахты, смонтированные в перекрытии в шахматном порядке. Производительность принудительной вытяжной вентиляции регулируется автоматически по температуре воздуха внутри птичника. Как варианты обеспечения оптимальной температуры в летний период наряду с увеличением воздухообмена может применяться система охлаждения и увлажнения приточного воздуха.

Рассмотрим варианты управления воздухообменом в птичнике с учетом особенностей температурного режима содержания кур.

Для плавного регулирования изменения воздухообмена в последнее время широко используются преобразователи частоты. Например, преобразователи частоты Hitachi [3], по своим функциональным возможностям не только позволяют изменять скорость электродвигателя в широком диапазоне, но благодаря бессенсорному векторному контролю

позволяет эффективно использовать мощность двигателя, обеспечивая пусковой момент до 200%, реализовывать плавное регулирование с помощью встроенного ПИД-регулятора. Также имеется возможность через интерфейс RS422 подключаться к стандартным интерфейсным сетям, что позволяет вести управление по сетевому протоколу. Таким образом, достаточно подключить к преобразователю частоты термометр сопротивления и благодаря настраиваемой функции ПИД-регулирования можно обеспечить плавное изменение воздухообмена.

Однако, задача поддержания температуры в птичнике в теплый период осложняется тем, что нередко наблюдается перекося температурных полей, а даже незначительное превышение температуры после границы в 30 °C значительно влияет на самочувствие птицы. В этих условиях помимо преобразователя частоты для реализации управления требуется использовать современные микропроцессорные устройства. При выборе микропроцессорной техники управления определяющими параметрами являются: количество необходимых входов и выходов; простота реализации автоматического управления; ценовой показатель; параметры питания; возможность обработки сигналов датчиков и обеспечения плавного изменения сигнала на управляющем выходе.

За последние годы в промышленном производстве, в устройствах и системах управления широкое распространение получили многофункциональные, универсальные контроллеры Mitsubishi α -серии [4]. Структурная организация, набор команд и аппаратно-программные средства ввода/вывода информации α -контроллеров лучше всего приспособлены для решения задач управления простыми технологическими процессами. Полный отчет о состоянии контроллера на жидкокристаллическом дисплее позволяет полностью контролировать технологический процесс. Кроме того, наличие модулей расширения позволяет обеспечить плавное изменение регулирующего воздействия. Это позволяет использовать α -контроллер для решения задачи поддержания температурного режима в птичнике, связав его через модуль расширения с преобразователем частоты.

С помощью α -контроллера и преобразователя частоты можно реализовать несколько вариантов управления температурным режимом в птичнике. Используя дискретные выходы контроллера для связи с дискретными входами преобразователя (5 входов), можно обеспечить многоступенчатое изменение воздухообмена. Такой алгоритм управления реализован в программе α -контроллера, представленной на рисунке 1. Сигналы с термометров сопротивления с унифицированным сигналом подаются на входы контроллера 1 и 3 (можно обработать и большее количество сигналов, но в примере реализовано два). При наличии сигнала разрешения (вход 2) происходит сравнение сигналов с датчиков и определение наибольшей температуры. Этот наибольший сигнал обрабатывается в блоке ограничения зоны и в зависимости от его величины подается сигнал на выходы контроллера, обеспечивающие переключение скорости через дискретные входы преобразователя частоты. Блоки вывода информации на дисплей использованы для вывода на дисплей контроллера измеренного наибольшего значения температуры, ступени скорости и состояния входа разрешения.

Однако более приемлемым является алгоритм, когда наибольшее значение температуры (выявлено оно может быть также, как в предыдущем случае) будет поступать на блок ПИД-регулирования (в программе контроллера), что позволит сформировать величину сигнала на выходе плавного регулирования модуля расширения, связанного с входом 0-10 В преобразователя частоты. В этом случае дискретные выходы контроллера освобождаются для реализации управления системой увлажнения или охлаждения.

Таким образом, совместное использование контроллера и преобразователя частоты обеспечивает решение сложной задачи поддержания температурного режима в птичнике в теплый период, обеспечивая высокую точность при достаточной простоте программирования и настройки. При этом приемлема реализация второго варианта алгоритма, что требует наличия контроллера, модуля расширения к нему, комплекта датчиков с унифицированным сигналом и преобразователя частоты.

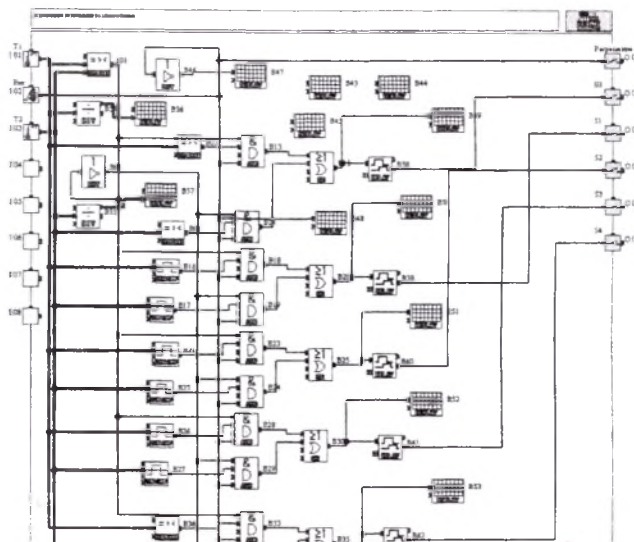


Рисунок 1 – Программа для реализации автоматического поддержания температуры в птичнике

ЛИТЕРАТУРА

- Бородин, И.Ф. Автоматизация технологических процессов / И.Ф. Бородин, Ю.А. Судник - М.: Колос, 2003. – 344 с.
- Фурсенко, С.Н. Автоматизация технологических процессов: учеб. пособие / С.Н. Фурсенко, Е.С. Якубовская, Е.С. Волкова. — Минск : БГАТУ, 2007. — 592 с.
- Преобразователи частоты Hitachi: Инструкция по эксплуатации. – ВЭМЗ-Спектр, 1999. – 81 с.
- Mitsubishi α2: простой прикладной контроллер: руководство по аппаратной части. – Mitsubishi Electric Corporation, 2003. – 114 с.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ИЗМЕРИТЕЛЯ-РЕГУЛЯТОРА МТ2 И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРОМ

Ковалев В.А., к.т.н., доцент, Скочек И.И.

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

Кулаков А.Т., к.т.н., доцент

*УО «Белорусский Национальный Технический Университет»
г. Минск, Республика Беларусь*

Сисин А.А.

*ОДО «Микротерм»
г. Минск, Республика Беларусь*

Измерители-регуляторы МТ2 являются программируемыми микропроцессорными устройствами, предназначенными для измерения температуры совместно с термопреобразователями сопротивления и термопарами, а также других технологических параметров совместно с измерительными преобразователями с унифицированным линейным выходным сигналом постоянного тока или напряжения.

Серийно выпускаемые приборы имеют два выходных устройства ключевого типа (электромагнитные реле, полупроводниковые реле или выходы для управления внешними полупроводниковыми реле), что позволяет их использование в качестве регуляторов при автоматизации различных технологических процессов и установок.

Они находят широкое применение, в том числе при автоматизации температурных режимов теплогенераторов сельскохозяйственного назначения, работающих на газу и жидком топливе производства ОАО «Брестсельмаш» и РУП «Мозырьсельмаш».

Кроме управления температурными режимами при автоматизации теплогенераторов возникает задача управления пуском и остановом, что требует обеспечения ряда временных задержек и блокировок. В системах управления теплогенераторов производства РУП «Мозырьсельмаш» в настоящее время для этих целей используются два моторных электромеханических реле времени типа РТЛ. Невысокая надежность данных реле приводит к снижению надежности теплогенераторов в целом, что вызывает нарекание потребителей.

По результатам исследования существующей схемы автоматизации теплогенераторов производства РУП «Мозырьсельмаш», было принято решение доработать одну из модификаций измерителя-регулятора МТ2, расширив его функциональные возможности для решения вышеуказанных задач.

Модернизированный прибор содержит в одном корпусе измеритель-регулятор температуры, позволяющий измерять и регулировать температуру и встроенный блок реле времени, предназначенный для управления внешними устройствами по заданной таймерной программе.

Регулятор имеет две независимые уставки по температуре с гистерезисом, что позволяет организовать позиционное регулирование температуры путем перехода с «большого» на «малый» огонь, либо полного отключения горелки теплогенератора.

Встроенный блок реле времени при этом обеспечивает все необходимые временные задержки, необходимые при запуске или остановке теплогенератора.

Блок реле времени содержит семь релейных выходов и два входа. Входы блока реле времени имеют гальваническую развязку и предназначены для работы с сигналом напряжением ~230 В, 50 Гц.

В данном блоке реализовано два независимых реле времени с фиксированными временными выдержками срабатывания. Подача сигнала на вход Вх.1 запускает отсчет временных выдержек для группы реле К4, К5, К6, К7, К8, К9. Подача сигнала на вход Вх.2 запускает отсчет временной выдержки для реле К3.

Логика работы блока реле времени и величины временных выдержек показаны на рисунках 1 и 2. Контакты всех реле, за исключением К4, зашунтированы RC-цепочками. Это сделано для подавления помех, возникающих при коммутации индуктивной нагрузки. Питание блока реле времени осуществляется от блока питания прибора. Поэтому для нормальной работы блока реле времени прибор должен быть включен в сеть до подачи сигналов на входы Вх.1 и Вх.2.

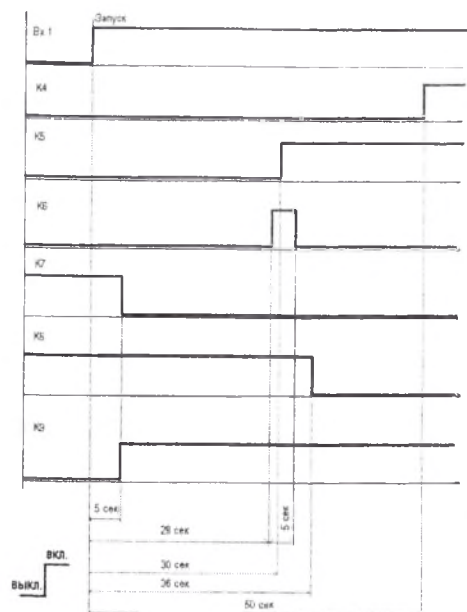


Рис. 1 Диаграмма работы реле K4, K5, K6, K7, K8, K9

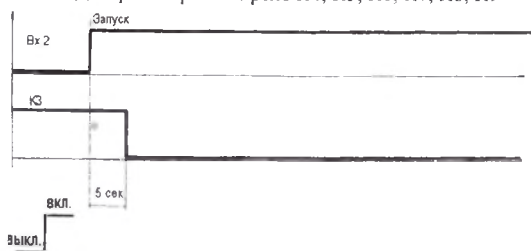


Рис. 2 Диаграмма работы реле K3

В соответствии с техническим заданием РУП «Мозырьсельмаш» была разработана схема автоматизации теплогенератора, работающего на газу.

В автоматическом режиме система управления теплогенератором рассчитана на работу без постоянного наблюдения персонала. При опробовании теплогенератора перед включением в работу или после проведения ремонтных работ в схеме управления предусмотрен наладочный режим.

Схемой также предусмотрена защита теплогенератора и электрооборудования от аварийных режимов работы.

Опытный образец модернизированного измерителя-регулятора МТ2 и разработанная схема автоматизации переданы на РУП «Мозырьсельмаш» для изготовления ящика управления и производственных испытаний.

Использование доработанного измерителя-регулятора МТ2 позволяет снизить капитальные затраты на систему управления теплогенератора (вместо трех приборов – терморегулятора и двух моторных реле времени, используется один прибор).

Электронный программируемый блок реле времени, встроенный в измеритель-регулятор имеет высокую надежность, что повышает надежность теплогенератора в целом.

УДК 621.311.001.57:681.3

УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ С ПЕРЕДАЧЕЙ ИНФОРМАЦИИ ПО ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СЕТЯМ

Лебедев В.И., к.т.н., доцент

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»

г. Минск, Республика Беларусь

Автоматизированное управление (регулирование) источниками теплового и оптического излучения (горелками, печами, нагревателями, осветительными приборами, установками обеззараживания воды и т.п.) позволяет уменьшить расход энергоносителей за счет оперативного управления и повышения точности регулирования. В настоящей работе предлагаются два устройства (одно на базе микроконтроллера, а второе - на основе промышленного контроллера) для контроля и управления объектами с передачей информации по распределительным электрическим сетям низкого напряжения [1-3]. Первое из устройств ориентировано на управление отдельным объектом (например, газовой горелкой) и может в него встраиваться, а второе обеспечивает управление группой объектов или отдельным объектом с распределенными параметрами управления (например, проходной нагревательной печью). Передача информации (измерительной и управляющей) по распределительным электрическим сетям не требует затрат на создание специальных каналов связи между управляющими и управляемыми объектами. В основу работы устройств положена регистрация интенсивности теплового и оптического излучения (инфракрасного, видимого, ультрафиолетового) источника (И), преобразование зарегистрированного сигнала в цифровой код, сравнение этого кода с эталонным кодом и формирование по результатам сравнения кодов сигналов управления источником [4].

Структурная схема устройства на основе микроконтроллера (МК) приведена на рис.1. В его состав входят МК, датчик излучения (Д), лазерный целеуказатель (ЦУ), исполнительный механизм (ИМ), звуковой сигнализатор (ЗС), монитор (М), клавиатура (К), интерфейсные схемы (порты П1 и П2) и блок питания (БП).

Оператор с помощью клавиатуры (или дистанционно через один из портов П1, П2) вводит в МК заданную интенсивность излучения источника и запускает его через исполнительный механизм. Излучение источника регистрируется датчиком. Сигнал с его выхода поступает в МК, где преобразуется посредством аналого-цифрового преобразователя (АЦП) в цифровой код. Этот код сравнивается в МК с кодом заданной интенсивности излучения источника. Формируемый при этом МК код рассогласования интенсивности излучения преобразуется в нем посредством цифроаналогового преобразователя (ЦАП) в аналоговый сигнал, который управляет через исполнительный механизм скоростью подачи энергоносителя в источник. Целеуказатель, конструктивно совмещенный с датчиком, применяется для его наведения на требуемый участок поверхности источника. На мониторе индицируются данные об интенсивности излучения. Звуковой сигнализатор используется для оповещения об аварийных ситуациях или о выходе интенсивности излучения за установленные пределы. При достаточно высокой мощности звукового сигнала устройство может выполнять функции теплового пожарного извещателя. Порт П1 типа RS-232 обеспечивает подключение устройства к ПЭВМ или к модему для дистанционной передачи данных об интенсивности излучения. В качестве такого модема может использоваться GSM-модем. Порт П2 типа RS-485 применяется для объединения нескольких устройств по общей

шине с целью их дистанционного опроса или управления источниками. К этому же порту подключается модем для передачи данных по сети питания устройства (PLC-модем). Блок питания вырабатывает напряжения, необходимые для работы устройства.

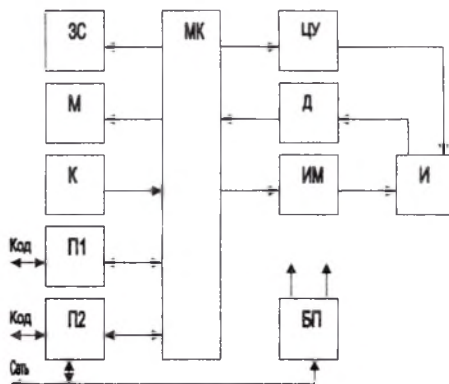


Рис. 1. Схема микроконтроллерного устройства контроля и управления.

Устройство функционирует под управлением программы, хранящейся в энергонезависимой памяти (флэш-памяти) МК. В нее также заносятся результаты измерения интенсивности излучения при пропадании питания, калибровочные коэффициенты датчика, программа управления ИМ, драйверы периферийных устройств и другая служебная информация. При необходимости флэш-память МК расширяется за счет подключения внешней памяти.

Диапазон измеряемых и контролируемых устройством интенсивностей теплового и оптического излучения определяется типом датчика. Например, пирометр ПП-1-04 позволяет измерять температуру в диапазоне $-40 \dots +2000$ °С с абсолютной погрешностью не более 4 °С. Прибор функционирует в диапазоне волн $8 \dots 14$ мкм, в котором поглощение инфракрасного излучения атмосферой минимально. Для измерения более низких температур применяются фотодатчики, работающие в ультрафиолетовом диапазоне волн. При контроле температуры таких объектов, как факелы горелок, используются (в зависимости от вида применяемого топлива горелок) либо датчики инфракрасного излучения, либо датчики ультрафиолетового излучения. Для контроля наличия факелов горелок, работающих на любом виде топлива, применяются фотодатчики типа ФД-05ГМ, которые функционируют как в инфракрасном, так и в ультрафиолетовом спектральных диапазонах. Для измерения низких температур применяются контактные электронные термометры типа ТМК-3, обеспечивающие измерение температур в диапазоне $-200 \dots 1200$ °С. Таким образом, в зависимости от объекта контроля и управления устройство содержит различные датчики.

В качестве МК применяется недорогая и надежная интегральная микросхема (ИМС) типа ATmega64, содержащая 10-разрядный 6-канальный АЦП, флэш-память объемом 64 Кбайта, интерфейсные схемы и широтно-импульсные модуляторы, применяемые для формирования сигналов управления исполнительными механизмами. Более широкими функциональными возможностями характеризуется ИМС типа XC161CJ, обеспечивающая также управление электродвигателями (постоянного и переменного тока и бесколлекторными) [5].

Структурная организация исполнительного механизма определяется типом источника энергии. Так, при управлении газовой горелкой регулируется скорость подачи газа, нагревателем на твердом топливе (дрова, торф, горючие сланцы и т.п.) – скорость подачи воздуха, источником оптического излучения в осветительных приборах – сила тока, подводимого к источнику излучения.

При управлении группой объектов применимы промышленные контроллеры, которые, например, используются для дистанционного сбора данных учета электрической энергии (КУБ-1, МУР.1001, Энеркон2005 и др.). Так, контроллер КУБ-1, содержащий 4 порта RS-485, встроенные GSM-модем и блок питания, обеспечивает сбор данных от 1024 объектов. Подключение к нему по интерфейсу RS-485 PLC-модемов позволяет передавать данные измерения и сигналы управления объектами по существующим распределительным электрическим сетям. Соответствующее устройство (концентратор устройства сбора и передачи данных), разработанное при участии автора на заводе «Электроника» НПО «Интеграл» (г. Минск), обеспечивает обмен данными по электрическим сетям 0,4 кВ со скоростью 1200 бит/с (в полудуплексном режиме). Устройство в зависимости от модификации содержит контроллер КУБ-1 и три или шесть PLC-модемов. Полученные аналитические оценки показывают, что дальность передачи информации достигает 10 км для воздушных ЛЭП (провод марки М-10) и 2,5 км - для внутренней электропроводки помещений (провод марки М-2,5). Для передачи цифровых данных используется двухчастотная модуляция (логический ноль передается на одной частоте, а логическая единица - на другой). Диапазон передаваемых частот (86 кГц) соответствует международному стандарту CENELEC EN Band -A. По интерфейсу RS-485 устройство объединяется с другими аналогичными устройствами, либо подключается через преобразователь интерфейса RS-485/RS-232 к ЭВМ.

Дальнейшее повышение скорости, помехоустойчивости и дальности передачи данных по электрическим сетям обеспечивает применение шумоподобных сигналов, ортогонального частотного разделения каналов с мультиплексированием (OFDM-модуляции) и автоматического согласования выходного сопротивления передатчика PLC-модема с электрической сетью [6].

ЛИТЕРАТУРА

- Пат. 3044980 ВОИС МКИ7 H04 B3/54. Система передачи данных по силовым электросетям и компьютеризованный способ управления системой/ Ф. Тато// Изобретения стран мира. - 2004. - Вып.109. - С.162.
- Лебедев В.И. Системы передачи информации по электрическим сетям// Энергия и менеджмент. - 2005. - №4. - С.18-21.
- Matsuzaki T., Tanabe S. Perspective on Power Line Communication// Mitsubishi Electric Advance in High Speed Power Line Communication Technology. - 2005. - Vol.109. - PP.2-4.
- Георгиев Г., Кузманов Е., Яков В., Стефанов С. Микроконтроллер за логическое управление на нафтови горелки // Автоматика и информатика. - 1997. - №3. - С.46-49.
- Чучалов В. Новый стандарт от Infineon Technologies - 16-разрядный микроконтроллер и DSP на одном кристалле// Chip News. - 2004. - №2. - С.22-26.
- Park C.-H., Jung K.-H., Choi W.-H. Coupling circuitary for impedance adaptation in power line communications using VCGIC// IEEE International Symposium on Power Line Communications and Its Applications. - 2008. - PP.293-298.

УДК: 621.311

АВТОМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ УВЛАЖНЕНИЯ ЗЕРНА ПЕРЕД ПОМОЛОМ

Лисовский В.В., канд. техн. наук, доцент

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

Одной из наиболее современных автоматизированных систем стабилизации увлажнения зерна перед помолом (АССУЗ), является система «Микрорадар 200-01» на основе модернизированного СВЧ-влажнителя «Микрорадар 113-2» [1-3].

Внедрение такой системы позволяет решить целый ряд новых задач, актуальных для современного производства:

увеличение выхода качественной муки высоких сортов;
уменьшение износа оборудования и отсутствие «завалов»;
отображение интерактивной информации о ходе технологического процесса на персональном компьютере руководителя;
обеспечение соответствия влажности зерна при отгрузке потребителю нормативным документам и увеличение общего объема выпускаемой продукции за счет поддержания сырья на максимально технологически и экономически выгодном уровне (допустимое отклонение влажности зерна от заданного уровня не более $\pm 0,25\%$).

Влагомер «Микрорадар 113-2», предназначенный для измерения влажности не только исходного но и свежееувлажненного зерна, состоит из двух блоков первичных преобразователей, один из которых устанавливается на входе увлажняющей машины А1-БШУ1(2), второй - на выходе. Сигналы обоих сенсоров обрабатываются в микропроцессорном блоке по двум алгоритмам [2], позволяющим определять отдельно влажность зерна, поступающего на увлажняющую машину, и влажность зерна после увлажнения. Это позволяет осуществлять регулирование по основному параметру – влажности зерна на выходе системы, что существенно отличает ее от других автоматических систем, работающих по косвенным признакам, таким как входная влажность зерна, расход зерна и расход воды [3,4].

Основные блоки системы описаны в [5], а ее структурная схема приведена на рис. 1. Система работает в двух режимах: ручном и автоматическом. В автоматическом режиме на основании измеренной влажности и температуры зерна на входе БШУ (W_1 , $T^{\circ}1$) и выходе БШУ (W_2 , $T^{\circ}2$) БПр (контроллер) в соответствии с требуемым заданным значением влажности на выходе БШУ ($W_{уст}$) вы- дает пропорциональный сигнал в БКС для регулировки подачи воды. Уменьшая или увеличивая подачу воды на увлажнитель путем воздействия на регулируемый клапан регулируемый (КР), БПр поддерживает влажность на выходе БШУ в соответствии с установленным заданием. В результате анализа нештатной ситуации БПр может принять решение о прекращении работы. В этом случае БКС вырабатывает сигнал, который закрывает клапан запорный (КЗ). Подача воды на клапан регулируемый осуществляется через фильтр тонкой очистки (ФТО). В отдельных случаях система подачи воды дополнительно оснащается фильтром грубой очистки (ФГО). Информация о работе системы по шине RS 485 поступает на персональный компьютер.

В ручном режиме управление подачей воды производится оператором, который контролирует влажность зерна на входе и выходе увлажняющей шины по показаниям влагомера. Управление подачей воды, ввод значений влажности, коррекция показаний влагомера может производиться как с компьютера, так и с клавиатуры контроллера (БПр влагомера). По мнемосхеме, отображенной на экране монитора, оператор может следить за ходом процесса доувлажнения, просматривать предыдущие записи техпроцесса. Данные по влажности и температуре зерна на входе и на выходе увлажняющей машины, по расходу воды, должны накапливаться и выдаваться на монитор в виде трендов. Контроллер непрерывно анализирует состояние системы и при возникновении нештатных ситуаций формирует сигнал аварийной ситуации, который представляет собой двухразрядный цифровой код. Этот сигнал поступает в БКС, где производится его дешифрация и, в зависимости от ситуации, вырабатываются сигналы управления и сигнализации. Перед началом работы оператор:

- выбирает режим работы системы (ручной или автоматический);
- устанавливает влажность зерна на выходе увлажняющей машины.

Затем устанавливается область допустимых значений рабочих параметров: влажности и температуры на входе и выходе увлажняющей машины. Выход какого-либо из них за пределы считается аварийной ситуацией 1 или 2 рода. При аварийной ситуации 1 рода система подает сигнал, но продолжает работать, так как опасности переувлажнения нет, при аварийной ситуации 2 рода система подает аварийный сигнал, закрывает отсечной клапан и останавливает работу.

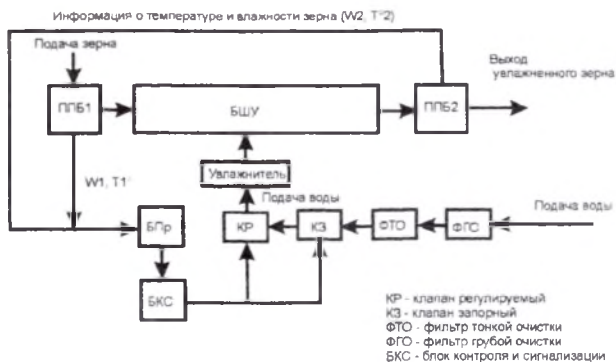


Рис. 1. Структурная схема автоматизированной системы стабилизации увлажнения зерна

Необходимым условием качественной работы АСУЗ является адекватность показаний поточного СВЧ-влажмера "Микрорадар 113-2". Для ее определения были проведены лабораторные испытания влагомера путем сопоставления показателей влагомера с показателями других наиболее распространенных измерительных установок.

Результаты испытаний, приведенные в таблице показывают, что среднее отклонение показание по серии измерений 0,247. Это значительно меньше основной абсолютной погрешности СВЧ - влагомера равной 0,5%, что говорит об адекватности его показаний.

Результаты экспериментальных исследований, а также опыт производственной эксплуатации автоматических систем увлажнения [6] доказывают, что необходимую точность поддержания заданной влажности зерна перед помолом можно обеспечить только на основе получения достоверной информации от двух датчиков, установленных на входе и выходе увлажняющей машины. Реализация такой системы на базе СВЧ-влажмера «Микрорадар 113-2» позволяет обеспечить в производственных условиях поддержание конечной влажности зерна с высокой точностью (абсолютная погрешность не превышала $\pm 0,2\%$).

Таблица испытаний СВЧ-влажмера «Микрорадар 113-2»

Дата Время	МР -113-2	Сарториус	Спектран- 119	СЭШ	Среднее по измерениям ПТЛ	Сходимость Результатов измерений
23.11.05 11.00	15.76 15.78	16.22 16.46	16.34 16.34	16.2 16.4	16.330	0.560
23.11.05 13.00	15.72 15.66	16.00 16.09	15.72 15.34	16.0 15.8	15.825	0.135
11.05.01 16.00	15.78 15.83	16.14 16.11	15.97 15.23	16.2 16.0	15.940	0.136
24.05.01 8.00	15.57 15.63	16.10 15.91	16.46 16.32	15.8 16.0	16.100	0.500
24.05.01 9.00	15.82 15.76	16.15 16.11	15.89 15.87	16.0 16.2	16.040	0.250
24.05.01 10.00	15.92 15.81	15.99 16.07	16.07 16.01	16.0 16.0	16.020	0.158
24.05.01 11.40	15.49 15.51	15.65 15.73	15.63 15.55	16.0 15.8	15.730	0.227
24.05.01 14.00	15.81 15.79	15.76 15.86	15.48 15.43	16.0 16.2	15.790	0.010
Среднее по серии измерений						0,247

ЛИТЕРАТУРА

1. Лисовский В. В. Теория и практика сверхвысокочастотного контроля влажности сельскохозяйственных материалов. Мн.: БГАТУ, 2005. - 292 с.
2. Лисовский В.В. «Учет влияния рассеяния на неоднородностях при измерении влажности зерна методами СВЧ-влагометрии» // Известия НАН Беларуси. Серия физико-технических наук. - 2006. - №3. С. 105-108.
3. Renhart, I.: The Control of Moisture of Rocks by Methods of Microwave Aquametry. 4th International Conference on "Electromagnetic Wave Interaction with Water and Moist Substances", Weimar, 2001, pp.372-379.
4. Vladislav V. Lisovski, Wojciech Tanas. «New Sensor for the Microwave Control of Moisture in Flour-Milling Production» // Electronic Journal of Polish Agricultural Universities. Topic Agricultural Engineering. 2007, Volume 10, Issue 1 p.6.
5. Лисовский В.В «Автоматический контроль влажности зерна методами СВЧ-влагометрии» // Хлебопек. Минск. – 2005.- №4.- С.23 – 24.

УДК 631.171:636.4

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛЕЗНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СВЯЗЕЙ В УСТРОЙСТВЕ УПРАВЛЕНИЯ

Павловский В.А.

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

Широко известный факт, что автоматизация технологического процесса в сельскохозяйственном производстве приводит к повышению его эффективности на 20 процентов [1]. В некоторых случаях эффективность отдельных операций увеличивается на 50 процентов и более или не достигается вовсе. Однако, причины получения эффекта от автоматизации, а равно как и конкретные методы его получения, в литературе описаны недостаточно подробно. Построение эффективной системы управления часто относят к искуству системного интегратора.

Эффективность автоматизации с применением микропроцессорных устройств управления во многом определяется не их вычислительной мощностью, а способами обработки информации, являющимися неотъемлемой частью, заданными в виде алгоритмов и программ. По определению информация есть организованная структура – антипод хаоса и раздробленности, соответственно её правильное использование может повысить эффективность технологического процесса.

Целью технологического процесса является получение из исходного материала качественной продукции, посредством выполнения технологии. Технология содержит упорядоченную последовательность операций с подробным описанием условий их начала, протекания и завершения.

Условия, определяющие ход технологических операций определяются временем, координатами в пространстве, количеством, объемом, массой, давлением, скоростью, температурой и подобными параметрами, а так же их сочетаниями. В ходе технологического процесса значения физических величин непрерывно меняются. Для отображения этих изменений в форму, пригодную для ввода в аппаратуру обработки данных, их преобразуют в сигналы. Под сигналом понимают физическую величину, изменение которой во времени отображает поведение другой физической величины. В сигнале различают информационный параметр и его носитель. Носителем может быть, например, поток воздуха, радиоволна,

электрический ток. По типу носителя сигналы разделяют на пневматические, радиосигналы, электрические сигналы и т.д. В качестве информационного параметра может быть выбрана любая физическая величина, характеризующая текущее состояние носителя, например давление воздуха, частота радиосигнала, напряжение или сила электрического тока. Таким образом, сигнал это, прежде всего временная функция, отображающая изменение исходной физической величины. Чтобы отличить физические величины – носители информации от величин, характеризующих технологический процесс, последние называют технологическими параметрами.

Количественные и качественные оценки технологических параметров, а так же результаты их обработки представляют собой ценную технологическую информацию.

Наиболее полно обработать и использовать технологическую информацию с целью повышения эффективности управления позволяет микропроцессорная техника. Для этого аналоговый сигнал должен быть преобразован в унифицированный электрический и затем в цифровой на входе микропроцессорной системы, либо в дискретный электрический сигнал.

Использование информационной составляющей сигналов в цифровом виде и возможности в хранении и обработке, предоставляемые микропроцессорной техникой, создают предпосылки для возникновения новых направлений ее применения, которые практически не могли быть реализованы при информационной компоненте сигналов в виде давления воздуха.

Микропроцессор предназначен для обработки информации. С помощью микропроцессора устройства управления способны обрести комплексное информационное восприятие объекта управления. В частности устройствам управления типа микропроцессорные контроллеры свойственна мультиплексность, т.е. способность практически одновременно (квазипараллельно) осуществлять обработку нескольких сигналов. Достигается это распределением ресурсов между отдельными информационными процессами операционной системой реального времени.

Таким образом, один контроллер способен поддерживать управление несколькими контурами регулирования. Кроме этого контроллер способен одновременно осуществлять еще и управление последовательностью операций (логическое управление). При этом вся собираемая, обрабатываемая контроллером информация по всем задачам располагается в его памяти в цифровом виде, что делает её доступной для использования при решении любой из задач.

Такая возможность позволяет при наличии реально существующей связи между отдельными процессами в сложном объекте учесть это, введя полезную информационную связь между отдельными задачами в устройстве управления. Введение полезных информационных связей приводит к появлению синергетического эффекта – новых полезных свойств системы не характерных для ее частей взятых по отдельности, что выражается в виде повышения качества управления и экономическом эффекте. В частности, такой эффект наблюдался при автоматизации на базе контроллера системы кормления на промышленном свиномкомплексе.

Такой подход в целенаправленном совершенствовании систем управления при использовании микропроцессорных систем управления можно назвать принципом введения полезных информационных связей (ПВИПС).

Эффективен будет этот принцип и при создании распределенных микропроцессорных систем управления сложными объектами. Устройство управления должно постоянно проверять правильность хода технологического процесса, при этом особенно важна координация отдельных специализированных задач. Для этого необходимо правильно организовать обмен данными между программными модулями, как локально, так и в распределенной среде, интерфейс пользователя и взаимодействие между вычислительной системой и технологическим оборудованием.

Компьютерное управление широко применяется в промышленности, энергетике, транспорте, системах связи и во многих случаях не имеет реальной альтернативы. Сочетание

биологии и техники. нестационарность и распределенность в пространстве и времени, нелинейные и недетерминированные связи между параметрами заставляют относить технологические процессы сельскохозяйственного производства к сложным объектам управления. Примитивность управления приводит к существенной хаотичности в производстве и, как следствие, к низкой его экономической эффективности. Таким образом, для улучшения характеристик технологического процесса необходимо, используя возможности микропроцессора, обрабатывать всю доступную полезную информацию. Повышение эффективности агропромышленного производства объективно требует внедрения новых совершенных устройств управления на базе микропроцессорной техники, позволяющих в достаточной мере учесть его сложность и специфику.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бородин, И.Ф. Автоматизация технологических процессов / И.Ф. Бородин, Н.М. Недилько. – М.: Агропромиздат, 1986. – 368 с.

УДК 378.14:638.1

МЕТОДЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ В АПК НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Русан В.И., д.т.н., проф., Матвеевко И.П., к.т.н., доцент

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

Эксплуатация электрооборудования неизбежно сопряжена с постепенным его износом и вследствие этого с необходимостью его периодического ремонта. Поэтому задача диагностического мониторинга технического состояния электрооборудования и на этой основе создание диагностирующих и прогнозирующих систем, как с технической, так и с экономической точки зрения, является весьма важной.

По целевому назначению различают профилактические и диагностические системы. Профилактические системы предназначены для обнаружения факта неисправности и локализации места неисправности. Системы технической диагностики по результатам предварительных проверок предсказывают поведение объекта в будущем. Задача прогнозирования в общем случае сводится к получению оценки будущих значений упорядоченных во времени данных на основе анализа уже имеющихся данных. Ее решение позволяет определить остаточный ресурс или прогнозировать отказы электрооборудования.

Таким образом, диагностирование включает в себя:

- контроль технического состояния оборудования;
- поиск места отказа или неисправности;
- определение причин их появления и выдача рекомендаций по устранению;
- прогнозирование технического состояния;
- контроль действий персонала по эксплуатации;
- накопление статистического материала по видам, типам неисправностей.

Решение задачи диагностирования и прогнозирования технического состояния электрооборудования должно осуществляться на основе современных информационных технологий. Необходимо создание информационно-нормативной базы системы, которая включает в себя виды дефектов, параметры, характеризующие эти дефекты; нормативные значения этих параметров или диапазон допустимых изменений; статистические данные о преобладающих видах неисправностей и изменении параметров во времени. Это позволит производить сравнительный анализ измеренных в данный момент параметров с данными

информационно-нормативной базы и вырабатывать соответствующие рекомендации.

Следовательно, требуется создание информационно-измерительной системы, где обязательно предполагается выполнение измерительных преобразований, совокупность которых составляет базу для логической процедуры диагноза. Ее следует рассматривать как совокупность множества возможных состояний объекта, множества сигналов, несущих информацию о состоянии объекта, и алгоритмы их сопоставления.

Разработка информационно-измерительной системы для диагностики технического состояния электрооборудования включает ряд этапов:

Определение условий работоспособности объекта, т.е. предельно допустимое состояние при количественных и качественных изменениях параметров отдельных его элементов и сбор необходимых статистических данных.

Выбор критериев оценки степени работоспособности: выбор контролируемых параметров и характеристик, их допустимый диапазон.

Сегодня уже недостаточно просто измерить величину с максимальной точностью, а затем воспроизвести ее в виде унифицированного сигнала. Требуется разработка и применение устройств, способных самонастраиваться, мобильно реагируя на любые внешние изменения. Такими устройствами являются интеллектуальные микропроцессорные датчики. Эти датчики обладают следующими преимуществами: улучшенная работа за счет постоянной компенсации воздействий окружающей среды, дистанционная связь, возможность конфигурирования и изменения диапазона измерения, получение диагностической информации, быстрая окупаемость затрат за счет очевидных эксплуатационных преимуществ.

Построение диагностической модели: аналитическое описание или графоаналитическое представление основных свойств объекта (в виде математических и физических законов и процессов, соотношения диаграмм сигналов при различных методах контроля параметров и снятия характеристик). При построении такой модели возможно использование теории математического моделирования, теории нечетких множеств, математической логики и инженерного эксперимента. В качестве частной математической модели функционирования оборудования можно использовать наработку на отказ и среднее время восстановления, что позволяет охарактеризовать безотказность, долговечность и ремонтпригодность оборудования.

Разработка алгоритма и программы диагностирования. В этом случае следует учесть аппаратную конфигурацию информационно-измерительной системы, типы датчиков и их взаимосвязь с компьютером.

Разработка или использование уже существующих средств и методов диагностирования.

К таким методам можно отнести:

- методы диагностирования по измеряемым параметрам:

а) контроль выходных параметров;

б) контроль неисправностей;

в) контроль работоспособности по косвенным признакам;

- методы диагностирования по способу проведения измерений:

а) тепловизионный метод, основанный на применении современных тепловизорных систем, позволяет получать тепловой образ объекта исследования (ИК-диагностика). б) вибрационная диагностика электрооборудования;

в) электромагнитный метод;

г) для трансформаторов:

- метод обнаружения источников внутреннего газовыделения с помощью акустических датчиков;

- метод выявления деформаций и смещений обмоток силового трансформатора по параметрам нулевой последовательности нормального режима на основе измерения действующих значений и фаз тока в нейтрале, фазных токов и напряжения нулевой последовательности;

- хроматографический и общий анализ трансформаторного масла.

Поиск и устранение неисправностей или отказов, прогнозирование сроков безотказной работы электрооборудования на основе статистических данных.

Таким образом, развитие средств и методов технической диагностики является важным фактором дальнейшего совершенствования процесса эксплуатации электрооборудования, обеспечивающего его безопасность и возможность предупреждения аварийных режимов работы и внезапных отказов.

УДК 535.4+535-92

ПРИНЦИПЫ УСТРОЙСТВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА МЕХАНИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ С ВНУТРЕННИМИ И ВНЕШНИМИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИМИ ПОВЕРХНОСТЯМИ

Рыжевич А. А.^{1,2} канд. физ.-мат. наук, Солоневич С. В.²

*¹ Белорусский государственный аграрный технический университет, ² Институт физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси
г. Минск, Республика Беларусь*

В современном производстве, в том числе и в сельскохозяйственном, широко используются детали, имеющие внешние и внутренние цилиндрические поверхности (валы, втулки, трубы). В ряде случаев к качеству этих поверхностей с точки зрения чистоты, шероховатости и, самое главное, механической целостности, предъявляется ряд требований. В настоящее время для автоматического контроля качества поверхностей достаточно широко используются профилометры, основанные на координатном сканировании поверхности. За длительное время своей эксплуатации они хорошо себя зарекомендовали, обладая при этом очевидными недостатками: они измеряют в каждый момент времени качество поверхности только в некоторой достаточно малой области. При этом передвижение приборов между различными контролируемыми точками уменьшает точность измерений и требует значительного времени. Этим недостаткам лишены лазерные профилометры, предназначенные для определения качества поверхностей, имеющих цилиндрическую форму [1-3]. Особенно большой точностью отличаются профилометры, основанные на интерферометрии [4], позволяющие обнаруживать единичные дефекты поверхности малых размеров. Однако зачастую на производстве необходимо производить быстрый автоматический анализ качества большого количества однотипных деталей с последующей отбраковкой некачественных деталей. Для этих целей разработан и экспериментально реализован лазерный Фурье-профилометр дальнего поля в двух модификациях – для контроля внешних и внутренних поверхностей (рис. 1, а и б соответственно), позволяющий оперативно определять качество поверхностей в диалоговом режиме. Схема профилометра обеспечивает фокусировку линзой 5 отраженного объектом поля в фокальной плоскости линзы. Выходной сигнал профилометра представляет собой двумерный спектр Фурье в виде кольца. Радиальная структура Фурье-спектра интегрально по продольной координате отображает нарушения поверхности. Данный профилометр не требует опорной волны и поэтому имеет высокую устойчивость к колебаниям. Анализ выходного поля довольно прост и состоит в измерении ослабления интенсивности и уширения спектра Фурье как функции азимутального угла. Профилометры такого типа перспективны для контроля качества поверхностей как с плавными, так и резко выраженными неоднородностями-нарушениями.

Лазерный профилометр работает следующим образом. От источника лазерного излучения 1 гауссов расширенный телескопом 2 световой пучок направляется на коническую линзу (аксикон) 3. Сформированный посредством конических элементов 3 и 8 кольцевой конический световой пучок падает на контролируемый объект 4, отражаясь от которого,

фокусируется линзой 5 на приемник лазерного излучения – CCD-камеру 6. Методики проведения исследований на обоих модификациях профилометра аналогичны и включают в себя юстировку оптической схемы, установку образцов, регистрацию Фурье-спектров и обработку полученных данных.

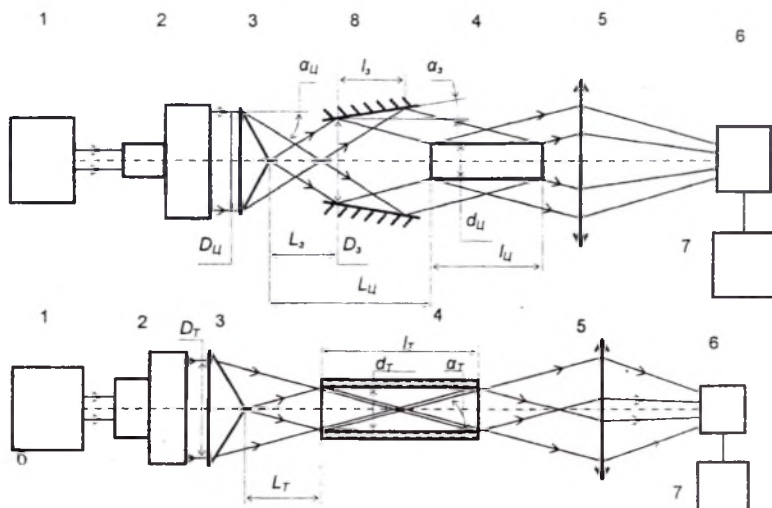


Рис. 1. Оптические схемы устройств для контроля качества внешних (а) и внутренних (б) цилиндрических поверхностей: 1 - лазер, 2 - перестраиваемый телескоп, 3 - перестраиваемый аксикон, 4 - контролируемый образец, 5 - линза, 6 - CCD-камера, 7 - ЭВМ, 8 - коническое зеркало

Параметры измеряемых деталей связаны соотношениями с параметрами оптических элементов, использующихся в схемах устройств. В модификации а длиной $l_{\text{ц}}$ и диаметром $d_{\text{ц}}$ объекта параметры оптических элементов определяются уравнениями $\frac{D_{\text{ц}}}{2 \lg(\alpha_{\text{ц}} - 2\alpha_{\text{с}})} = l_{\text{ц}}$,

$$2D_{\text{ц}} - L_{\text{ц}} \lg(\alpha_{\text{ц}} - 2\alpha_{\text{с}}) = d_{\text{ц}}, L_{\text{с}} = \frac{1}{2} \left(L_{\text{ц}} + \frac{d_{\text{ц}}}{2} \lg \alpha_{\text{ц}} \right), l_{\text{с}} = \frac{D_{\text{ц}} \sin(\alpha_{\text{ц}}) \cos(\alpha_{\text{с}})}{2 \lg(\alpha_{\text{ц}}) \sin(\alpha_{\text{ц}} - \alpha_{\text{с}})}, \text{ а в модификации}$$

$$\text{б} - \text{уравнениями } \alpha_{\text{т}} = \arctg \frac{d_{\text{т}}}{l_{\text{т}}}; \quad D_{\text{т}} = 2d_{\text{т}}; \quad L_{\text{т}} = \frac{D_{\text{т}}}{4 \lg(\alpha_{\text{т}})}. \text{ Гибкость оптической схемы,}$$

т.е. возможность ее подстройки под конкретные изделия обеспечивают перестраиваемые оптические элементы 2 и 3.

При проведении исследований на наличие отклонений формы в виде выпуклостей использовались образцы с дефектами различных размеров. Полученные профилограммы (рис. 2) наглядно показывают, что при наличии дефекта интенсивность излучения, отраженного от поверхности образца, уменьшается, и чем больше высота и количество дефектов, тем меньше интенсивность на соответствующем участке спектра.

Для контроля очень протяженных цилиндрических объектов, малая жесткость на изгиб которых не позволяет производить формирование Фурье-спектров, может использоваться устройство, схема которого представлена на рис. 3. Пучок от источника лазерного излучения 3 расширяется телескопом 4 и, отражаясь коническим зеркалом 5, попадает на контролируемую поверхность 1. На ней происходит частичное падение интенсивности пучка

и разрушение его пространственной структуры из-за влияния различных дефектов поверхности, её загрязнения, шероховатости и других параметров, характеризующих качество поверхности. Отраженный поверхностью свет регистрируется кольцевой ПЗС-матрицей 6, данные от которой передаются на удаленный компьютер для анализа. Оптическая схема вместе с датчиком перемещения закреплена в подвижном модуле 2, перемещаемом вдоль исследуемой поверхности.



Рис. 2. Профилограммы образцов без (а) и с (б) поверхностными дефектами (изображение инвертировано, стрелкой указано место, соответствующее дефекту)

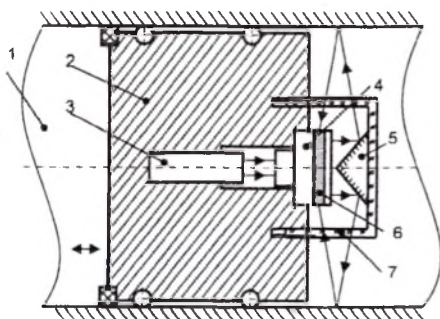


Рис. 3. Принципиальная схема оптико-механического устройства для контроля: 1 - контролируемая поверхность, 2 - перемещаемый модуль, 3 - лазер, 4 - телескоп, 5 - коническое зеркало, 6 - кольцевая ПЗС-матрица, 7 - стеклянный стакан

Преимуществами данного устройства являются возможность его применения для контроля слабоизогнутых цилиндрических объектов различных диаметров, высокая скорость контроля, хорошая точность локализации дефектов поверхности и достаточно высокое разрешение по размеру дефектов.

ЛИТЕРАТУРА

- K.G. Birch Oblique incidence interferometry applied to non-optical surfaces // J. Phys. – 1973. – Vol.E6, №10. – P. 1045 – 1048.
- Grazing-incidence interferometry applied to the measurement of cylindrical surfaces. T. Dresel, J. Schwider, A. Wehrhahn S. Babin. // Opt. Eng. – 1995. – Vol.34. – P. 3531 – 3535.
- Grazing-incidence test for cylindrical microlenses with high numerical aperture. J. Schwider, N. Lindlein, R. Schreiner e. a. // J. Opt. A: Pure Appl. Opt. – 2002. – Vol.4. – P. 10–16.
- Inerferometric testing of plane and cylindrical workpieces with computer-generating holograms. S. Brinkman, R. Schreiner, T. Dresel J. Schwider. // Opt. Eng. – 1998. – Vol.37. – P. 2506-2511.

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИНФОРМАТИЗАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Самосюк В.Г., к.э.н., доц., Гутман В.Н., к.т.н., доц., Гируцкий И.И., д.т.н., доц.

*РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
г. Минск, Республика Беларусь.*

Повышение конкурентоспособности сельскохозяйственного производства не в малой степени связано с использованием «информационного ресурса» [1,2]. Для его реализации идёт внедрение новых информационных технологий управления. Здесь еще нет устоявшейся терминологии, поэтому можно встретить такие определения, как точное, высокотехнологичное или координатное управление, точные технологии в животноводстве, в молочном скотоводстве и т.п. Но при этом суть нововведения сводится к интегрированной информационной системе управления сельскохозяйственными технологиями с целью повышения их эффективности, улучшения количественных и качественных показателей производимой сельскохозяйственной продукции, с учетом индивидуальных особенностей живых организмов и влияния на них параметров окружающей среды, а также минимизацией воздействий этих технологий на окружающую среду. Например, переход от группового кормления и доения коров к индивидуальному, приводит к необходимости увеличения в сотни и тысячи раз объемов получаемой и перерабатываемой информации. При этом существенно увеличиваются затраты на средства получения информации о состоянии объекта и требуются все более совершенные устройства управления, в качестве которых используются микропроцессорные контроллеры и компьютеры в промышленном исполнении. Причем значительный прогресс в области микро- и нанoeлектроники приводит к постоянному снижению стоимости программно-технических средств построения систем управления, что делает эффективным расширение сфер их применения. Благодаря этому и сельскохозяйственное производство, несмотря на его, относительно низкую удельную стоимость продукции, получает возможность широкомасштабных применений достижений научно-технического прогресса.

Внедрение новых информационных технологий управления осуществляется двумя направлениями:

- разработка принципиально новых технологий, оборудования и предприятий с многоуровневыми компьютеризированными системами управления;
- модернизация систем управления действующих установок, технологических процессов и предприятий.

В качестве яркого примера первого направления можно привести разработку и внедрение роботизированных доильных установок. Но такие полностью безлюдные технологии являются дорогостоящими и находят применение в развитых странах, где существует высокий уровень оплаты труда.

Однако немалую и даже потенциально большую долю на рынке задач в области автоматизации составляют задачи модернизации устаревших систем управления оборудованием и технологическими процессами, создания информационно-управляющих систем (ИУС) относительно небольшой размерности для повышения эффективности функционирования какого-либо участка производства либо создания автономных систем управления для вновь разрабатываемого стационарного оборудования и средств мобильной техники. Второе направление требует значительно меньшего финансирования и может осуществляться небольшими научными и проектными коллективами. При этом заказчик достаточно быстро может получить реальный экономический эффект, а разработчик – реальный опыт разработки и внедрения современных информационно-управляющих систем.

Немаловажным является и сопутствующий рост доверия отечественного производителя к возможностям отечественной науки. Поэтому именно второе направление внедрения современных информационно-управляющих систем в сельское хозяйство Беларуси является наиболее актуальным для отечественных научных и проектных организаций.

Реализация потенциальных возможностей развития и освоения рынка модернизации систем управления технологических и производственных процессов действующих предприятий требует разработки соответствующей методологии. Обычно сельскохозяйственные производители имеют весьма ограниченный бюджет и в тоже время задачи управления достаточно сложны в реализации. У заказчика не всегда имеется описание, и даже понимание алгоритма функционирования биотехнического объекта. Сколько-нибудь достоверное получение модели объекта и ее параметризация либо вообще невозможны, либо сопряжены с большими дополнительными усилиями. Неподготовленность сельскохозяйственного производства к компьютеризации, нестабильности сырьевых и энергетических потоков требуют нетривиальных алгоритмов управления, дополнительных функций диагностики технологического оборудования и т.п. Исходя из этих предпосылок сформулированы, следующие принципы, позволяющие обеспечить успешность внедрения информационно-управляющих систем в сельскохозяйственное производство Беларуси и других стран СНГ:

- учет биотехнического характера сельскохозяйственного производства;
- максимальное использование программно-технических средств общепромышленного применения;
- ориентация на концепцию компьютерно-интегрированного производства;
- развитие научно-учебной базы агроинженерных университетов.

Существенные, принципиальные отличия автоматизации животноводства и растениеводства от автоматизации промышленности проявляются тогда, когда с техникой приходят в соприкосновение или глубокое взаимодействие живая природа – продуктивные животные и растения. При этом хорошо развитая теория автоматического управления (ТАУ) для технических систем становится малоприменимой или вовсе неприменимой. Усложняющие отличия биотехнических объектов от объектов классической ТАУ, такие как наличие нелинейности, недерминированности, многосвязности, распределенности и нестационарности, как правило, не принимаются во внимание. Напротив, возобладало мнение, что благодаря малым скоростям протекания в них переходных процессов такие объекты легче поддаются управлению. Это породило заметное пренебрежение к проблеме синтеза систем управления технологическими процессами на предприятиях агропромышленного комплекса. Но задача надевания доильных стаканов на соски вымени коровы в доильном роботе имеет очевидную более высокую и теоретическую, и практическую сложность реализации в сравнении с задачей стыковки космических аппаратов. В то же время отбрасывание или непонимание особенностей биотехнических объектов приводят, в основном, к бесплодным попыткам автоматизации сельскохозяйственных объектов на основе классической теории автоматического управления.

Универсальные качества программно-технических средств общепромышленного применения, таких как высокая надежность, многофункциональность, адаптивность, распределенность и открытость позволяют использовать их и при построении информационно-управляющих систем сельскохозяйственного назначения. Т.е. нет никакой необходимости и целесообразности разрабатывать контроллер доения, кормления и т. п. При этом особенности биотехнических объектов учитываются разработкой специфических датчиков и, в основном, алгоритмического и прикладного программного обеспечения. Такой подход позволяет сосредоточить интеллектуальный потенциал агроинженерной науки на решении прикладных задач.

Концепция компьютерно-интегрированного производства предполагает поэтапное внедрение новых информационных технологий управления по принципу «снизу-вверх», от создания локальных автоматизированных систем управления отдельными технологическими процессами и установками, так называемых, островков автоматизации, к синтезу

комплексных и интегрированных информационно-управляющих систем. При этом можно добиться быстрой экономической и социальной эффективности внедряемых разработок, приобретается необходимый успешный опыт разработки и эксплуатации.

Значимость научно-технической задачи разработки и внедрения в сельскохозяйственное производство информационно-управляющих систем требует особого внимания к подготовке высококвалифицированных специалистов. Решение этой задачи невозможно без создания в аграрных вузах современной научно-учебной базы в виде полигонов-лабораторий для разработки и исследований информационно-управляющих систем. При этом необходимо осуществлять постоянную переподготовку профессорско-преподавательского состава через участие в новых проектах, привлекать аспирантов и студентов к выполнению научно-исследовательских работ, выполнять курсовое и дипломное проектирование на современном уровне.

В качестве иллюстрации эффективности этих идей рассмотрим несколько примеров модернизации систем управления разнообразным оборудованием на предприятиях АПК.

Многие предприятия производственного и коммунального назначения, включая сельскохозяйственные, оснащены котлами типа ДЕ, ДКВР, КВГМ, ПТВМ. Эксплуатационный КПД котлов, используемых в сельскохозяйственном производстве, нередко составляет всего 50...55%, несмотря на то, что их паспортный КПД достигает 90%. Если проанализировать эффективность модернизации систем управления паровых и водогрейных котлов, то применение микропроцессорной системы управления позволяет сэкономить в среднем до 15% газа и до 30% электрической энергии, что значительно перекрывает потенциал возобновляемых источников энергии.

Эффективным является применение ИУС в промышленном свиноводстве [2]. Так информатизация технологических процессов приготовления и раздачи жидких кормов на действующих свиноводческих комплексах на 54 тысячи голов позволяет получить в год: уменьшение потерь комбикорма на 700 тонн; снижение расхода электроэнергии на раздачу кормов на 40...50%; повысить продуктивность свиней на откорме не менее чем на 2...5%. Немаловажным следствием внедрения новых технологий управления является улучшение условий и повышение престижности труда оператора животноводческого комплекса.

Таким образом, реализация «информационного» ресурса должно стать для предприятий агропромышленного комплекса необходимым направлением повышения их конкурентоспособности. Причем компьютеризация не означает «все или ничего», это – постоянное усовершенствование и развитие. В системах информационного управления сравнительно просто испытывать новые стратегии и алгоритмы управления, поскольку работа микропроцессорной техники полностью изменяется при модификации программного обеспечения. Поэтому компьютеризированные информационно-управляющие системы представляют собой не просто новый способ применения отработанных принципов управления, но скорее полностью новую технологию, более гибкую и обладающую уникальными возможностями учета биотехнического характера сельскохозяйственного производства. Компьютеризация не заменяет корма, тепловую и электрическую энергию, но позволяет обеспечить их точное расходование в соответствии с реальными потребностями производства.

ЛИТЕРАТУРА

- Краусп. В.Р. Автоматизированные и инфокоммуникационные технологии в управлении электрифицированным производством [текст] /В.Р. Краусп//Автоматизация сельскохозяйственного производства. Сборник докладов Международной научно-технической конференции (29-30 сентября 2004 г., г. Углич). Часть 2.– с.3-11.
- Гируцкий, И.И. Поточно-механизированные линии с микропроцессорным управлением для откорма свиней[текст] /И.И. Гируцкий// Автореферат дисс. на соискание степени д.т.н. ФГБОУ ВПО МГАУ, г. Москва, 2008.-31с.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО СИМПЛЕКСНОГО МЕТОДА ПРИ СИНТЕЗЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПУТЕМ МОДЕЛИРОВАНИЯ НА ЭВМ

Сидоренко Ю.А., к.т.н., доцент

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

Синтез систем автоматического управления включает два основных этапа - исследование объекта управления, которое заканчивается построением математических моделей объекта, и синтез алгоритма управления объектом [1].

Построению моделей сложных сельскохозяйственных агрегатов проводят в основном путем их идентификации. Причем, после принятия рабочих гипотез о структуре моделей задача сводится к поиску их оптимальных параметров. Синтез алгоритма управления после принятия гипотез о структуре алгоритма управления также сводится к поиску его оптимальных параметров [1].

Практика решения таких задач оптимизации путем моделирования на ЭВМ показывает, что наиболее целесообразно использовать экспериментальные поисковые методы. Очень хорошо себя зарекомендовал последовательный симплексный метод (ПСМ) [2].

Последовательный симплексный метод (ПСМ) относится к экспериментальным поисковым методам. Идея метода очень проста. Опыт ставят $n+1$ точке факторного пространства, где n — число факторов. Эти точки являются вершинами фигуры, которую называют симплексом. Отбрасывают координаты точки с наихудшим значением критерия оптимальности и вычисляют координаты точки, являющейся зеркальным отражением наихудшей. Опыт (расчет при моделировании на ЭВМ) проводят в новой точке факторного пространства. Затем весь процесс повторяют. Метод идеально приспособлен для реализации с применением ЭВМ. Благодаря простоте применять метод могут люди без специальной математической подготовки.

ПСМ использовался нами при идентификации рабочих органов кормоуборочного комбайна, по переходным процессам, искаженным высокочастотной помехой. В математическую модель входило аperiodическое звено 2-го порядка с транспортным запаздыванием, которое идентифицировалось с числом факторов равным пяти. Для проверки эффективности и особенностей использования ПСМ идентифицировались по переходным процессам различные соединения элементарных линейных звеньев. Результаты показывают, что в подобных случаях достаточно следовать правилам отражения вершин симплексов и остановка, изложенным в литературе при описании ПСМ. Процесс может быть полностью формализован и выполняться в автоматическом режиме.

В случаях идентификации более сложных объектов и оптимизации сложных систем элементарных правил недостаточно. При идентификации нелинейной модели двигателя комбайна с переменными коэффициентами и оптимизации САУ загрузкой двигателя у нас возникали ситуации, когда формально выполнялось правило заикливания симплекса в области, как можно было предполагать, далекой от оптимальной. При продолжении расчетов симплекс выходил из цикла, однако продолжал медленно блуждать в достигнутой области. Значения критерия оптимальности в вершинах симплекса отличались мало. Такое поведение может быть объяснено попаданием симплекса на плоскую поверхность отклика и неумидательностью этой поверхности.

В этих случаях нами успешно применялся следующий прием. Шаг варьирования увеличивался и проводились пробные опыты. При применении этого приема симплекс прощупывает факторное пространство вокруг себя. Если это действительно неоптимальная

область, то быстро находятся с точки с лучшими значениями критерии оптимальности. После выхода в близкую к оптимальной область факторного пространства шаг варьирования необходимо уменьшить с целью уточнения значений оптимальных факторов. При применении ПСМ, в отличие от методов случайного поиска, у исследователя быстро создается интуитивное представление о возможном направлении поиска, что очень важно в случае сложных поверхностей отклика (неунимодальных, с плоскими поверхностями вне оптимальной области и т.д.).

Опыт применения ПСМ показал, что он является наиболее простым и достаточно эффективным средством идентификации и оптимизации динамических систем на ЭВМ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сидоренко, Ю.А. Моделирование на ЭВМ как системный экспериментально-теоретический метод анализа и синтеза систем автоматического регулирования/Ю.А. Сидоренко// Агропанорама, 2007. - №2. - С.13-14.

2. Красовский, Г.И. Планирование эксперимента/ Г.И. Красовский, Г.Ф. Филаретов. – Минск: Изд-во БГУ, 1982. – 302с.

УДК: 6133.500

АНАЛИЗ И СИНТЕЗ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ИНТЕРВАЛЬНЫХ ОЦЕНОК

**Судник Ю. А., д. т. н., профессор, Загняйлов В. И., д. т. н., профессор,
Башилов А. М., д. т. н., профессор**

ФГОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина», г. Москва, Россия

В настоящее время при проведении анализа и синтеза технических систем управления (ТСУ) широко используют методы имитационного моделирования. При этом в качестве моделей применяют обычно детерминированные или стохастические, использование которых (из-за введения различных допущений и имеющихся погрешностей измерений) не позволяет гарантировать точность результатов исследований. Так, известная система предпосылок, в основном статистического характера (детерминированность входных переменных параметров, равнозначность и некоррелированность выходных, нормальный закон их распределения и др.), на которых базируется классический регрессионный анализ, в реальных задачах нередко не соблюдается. К тому же, в известных методах моделирования не всегда учитываются различного рода погрешности и ошибки измерений, величины которых в отдельных случаях могут быть соизмеримы с уровнями контролируемых полезных сигналов.

Предложен новый нестатистический подход анализа и синтеза ТСУ, гарантирующий точность результатов исследований. Такой подход базируется на методе интервальных оценок, в котором реальные числа $a, b, \dots$ заменяют интервалами. Под интервалом $[a] = [a^-, a^+]$, $a^- \leq a^+$ следует понимать замкнутое ограниченное подмножество R всех вещественных чисел x вида $[a] = [a^-, a^+] = \{x \in R \wedge a^- \leq x \leq a^+\}$, то есть a может принимать любое значение внутри него, левая и правая границы которого обозначаются соответственно как a^- и a^+ . Существуют правила выполнения арифметических операций с интервалами, оперирования с их функциями, векторами и матрицами [1].

Известно, что базой для проведения анализа и синтеза ТСУ является достоверная модель объекта управления (ОУ), которая определяет зависимость выходных и входных его сигналов. Фактически, измеренное значение сигнала на выходе любого ОУ имеет вид:

$$y(x) = y(x) + e_y,$$

где $y(x)$ — истинное значение сигнала на выходе ОУ; x — значение сигнала на входе ОУ; e_y — помеха на выходе ОУ, обусловленная ошибками измерений, случайными, систематическими, прогрессирующими погрешностями преобразователей, различными неопределенностями, шумами, неконтролируемыми возмущениями и др.

Примем допущения относительно помехи e_y : измерение точного выходного сигнала невозможно из-за помехи, искажающей его истинное значение; амплитуда помехи ограничена и может принимать любые значения в заданном интервале $[-\Delta; +\Delta]$, причем абсолютная погрешность Δ известна, то есть $e_y < |\Delta|$; закон распределения помехи не определяется, нередко он имеет неслучайный характер. ОУ, для которого свойственны изложенные предпосылки, называют объектом с интервальной неопределенностью.

Примем математическую модель ОУ как:

$$y = \sum_{j=1}^n a_j \varphi_j(x) \quad (1)$$

где y — значение выходного сигнала; a_j — неизвестные параметры (коэффициенты), $\varphi_j(x)$ — известные базисные функции модели.

При этом в условиях интервальной неопределенности $[y_i]$ существует бесчисленное множество параметров a_j модели, которые принадлежат некоторому множеству Ω_a (рис. 1): $a_j \in \Omega_a$.

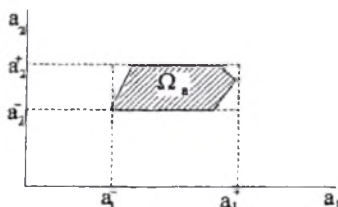


Рис. 1. Область множества возможных значений параметров модели ОУ (для случая $n=2$)

Таким образом, задача построения модели ОУ заключается в нахождении множества Ω_a , которое не противоречит экспериментальным данным. При этом интервальная модель (1) не противоречит экспериментальным данным.

На ОУ действует многообразие различных контролируемых и неконтролируемых возмущений, функцию минимизации суммарного эффекта которых должна качественно выполнять ТСУ. Для интервального анализа проведена оптимизация качества управления согласно критерию минимизации значений дисперсии $\{D_y\}$ или среднеквадратичного отклонения $\{\sigma_y\}$ управляемой величины:

$$[D_y] = [\sigma_y]^2 = \frac{1}{\pi} \int_0^\pi [|\Phi_{TF}(jw)|]^2 S_{ff}(w) dw \Rightarrow \min, \text{ при этом } \forall |\Phi_{TF}(jw)| \in [\Phi_{TF}^-(jw), |\Phi_{TF}^+(jw)|], (2)$$

где $[\Phi_{TF}(jw)]$ — интервал модуля комплексной частотной характеристики ТСУ; $S_{ff}(w)$ — спектральная плотность эквивалентного (приведенного непосредственно к выходу ОУ) возмущения, особенностью которого является то, что оно доступно для непосредственного измерения, позволяет его корреляционную функцию и спектральную плотность оценивать экспериментально.

Для нахождения точных границ интервала (2) необходимо вычислить наибольшее и наименьшее значения D_v при изменении $|\Phi_{IF}(j\omega)|$ в известных пределах. По аналогии с точечными оценками в теории автоматического управления пределы в виде интервала ее частотной характеристики можно записать.

$$[\Phi_n(j\omega)] = \sqrt{\{1 + [W_{\text{об}}(j\omega)][W_{\text{у}}(j\omega)]\}} \quad (3)$$

где $[W_{\text{об}}(j\omega)], [W_{\text{у}}(j\omega)]$ — интервалы частотных характеристик объекта и устройства управления.

Для проведения анализа и синтеза ТСУ необходимо использование интервальных моделей амплитудно-частотных (АЧХ) и амплитудно-фазовых (АФХ) характеристик ОУ. Пример построения по результатам эксперимента интервальных АЧХ мобильного агрегата как ОУ приведен на рис. 2.

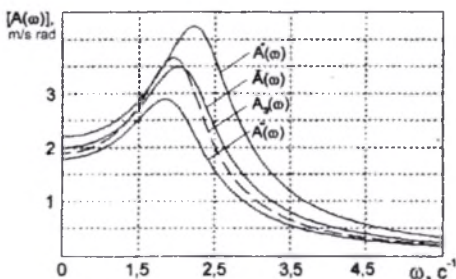


Рис. 2. Амплитудно-частотная характеристика: $A^+(w), A^-(w), \bar{A}(w), A_5(w)$ — соответственно верхняя и нижняя границы, среднее значение интервальной и экспериментальной АЧХ.

Интервальные оценки АЧХ и АФХ позволяют проводить анализ устойчивости, качества и синтез ТСУ с учётом неточностей описания ОУ.

При этом, для определения конкретных значений параметров настройки устройства управления (оптимизации его параметров) существуют различные методы, наиболее эффективным из которых является правило уменьшения интервала отношения $\left[\frac{T_n}{k}\right]$ с целью минимизации значений дисперсии $[D_v]$.

Использование интервальных оценок для анализа устойчивости систем может предъявить более жёсткие требования к точности и структуре моделей объекта и устройства управления, но при этом гарантировать достоверный результат вычислений. Интервальные модели позволяют также оценивать возможные значения показателей качества (время регулирования, перерегулирование, статическая ошибка и др.) переходных и установившихся процессов в ТСУ, а также влияние ошибок идентификации ОУ на точность этих показателей. Предлагаемый подход интервального анализа и синтеза распространяется и на многомерные ТСУ.

ЛИТЕРАТУРА

Moore R. E. Interval analysis, N. Y., Prentice Hall, 1966.

ЗЕРНОХРАНИЛИЩЕ КАК ОБЪЕКТ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ**Шевчик Н.Е., к.т.н., доцент***УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь***Солдатенко А.А. гл. инж.***ГУ «Научно-исследовательский и проектно-технологический институт
хлебопродуктов»
г. Минск, Республика Беларусь*

Главной особенностью зерновой массы как продукта хранения является жизнедеятельность зерна, проявляющаяся в его дыхании. К основным отрицательным последствиям указанного процесса можно отнести изменение качества, потерю в массе сухих веществ, повышение влажности самого зерна и воздуха межзернового пространства, увеличение температуры зерновой массы (самосогревание). Поэтому при хранении важно свести к минимуму дыхание, энергия которого зависит от ряда факторов и, в первую очередь, от влажности. Зависимость интенсивности дыхания от влажности нелинейно [1], и при влажности зерна выше критического значения, которое для всех злаковых культур составляет 14,5... 15,5 %, оно резко увеличивается. Поэтому на длительное хранение необходимо закладывать зерно с влажностью ниже критической.

На энергию дыхания влияет также температура зерновой массы. Установлено, что с ростом температуры от 0 до 30...35°C энергия дыхания возрастает примерно в 2...2,5 раза на каждые 10 °C. В процессе дыхания выделяется тепловая энергия, значительная часть которой, в связи с низкой теплопроводностью зерна задерживается внутри массы, что вызывает, в свою очередь, повышение температуры и способствует развитию процесса самосогревания. Это свидетельствует о сложной природе влияния температуры зерна на процесс его хранения и важности этого параметра как параметра контроля процесса. Наилучший температурный диапазон для хранения семенного зерна составляет 0...10 °C.

Интенсивность дыхания зерна в значительной мере зависит от его зрелости и засоренности. Недозрелые, а также свежесжатые зерна, в которых не завершился процесс послеуборочного дозревания, обладают более высокой интенсивностью дыхания.

Повышению энергии дыхания часто сопутствует явление самосогревания, в основе которого две причины: физиологические процессы, протекающие в массе, и физические свойства зерна. К физиологическим процессам относится дыхание всех живых компонентов зерновой массы (зерен основной культуры, семян сорных растений, микроорганизмов и амбарных вредителей), которое сопровождается выделением значительного количества тепла и влаги. Наряду с повышением температуры и влажности воздуха межзерновых пространств начинают проявлять свою жизнедеятельность микроорганизмы. Быстрое повышение температуры, которая может достичь 50...75°C, и увеличение влажности в процессе самосогревания приводят к частичному распаду органического вещества, снижению или полной потере всхожести, изменению цвета зерна и появлению запаха. Следует отметить, что на практике возможно самосогревание зерна, заложенного на длительное хранение в кондиционном по влажности и чистоте состоянии. Это обуславливается рядом факторов. Колебания температуры и относительной влажности окружающего воздуха могут вызвать, особенно осенью и весной, миграцию влаги в зерне, вследствие чего в охлажденной части зерновой массы влажность увеличивается. Кроме того, некоторая неравномерность влажности и чистоты зерна, получающаяся при его обработке, может привести при закладке на хранение к появлению в массе очагов с повышенной влажностью и засоренностью в результате самосепарации зерна.

Чтобы предупредить возможность ухудшения качественных показателей зерна, в

хранилищах проводят охлаждение и проветривание, очистку, сортировку, а также борьбу с амбарными вредителями. На основе изложенного, зернохранилище как объект контроля и управления можно представить параметрической схемой (рисунок 1). Основным параметрам контроля в этом объекте относятся температура $\Theta_{\text{зт}}$ и влажность $\omega_{\text{зт}}$ зерна, качественные показатели b_3 , а также такие показатели, как зараженность вредителями и свежесть зерна, характеризуемые на схеме параметром e_n . Основные возмущения, действующие на объект, это температура $\Theta_{\text{в}}$ и относительная влажность воздуха $\Phi_{\text{в}}$ в хранилище, а также температура $\Theta_{\text{зн}}$, влажность $\omega_{\text{зн}}$ и чистота $\Psi_{\text{зн}}$ зерна, закладываемого на хранение. В качестве управляющих воздействий используют подачу воздуха $q_{\text{в}}$ в зерновую массу для ее охлаждения либо перемещение зерновой массы x_3 транспортирующими механизмами.

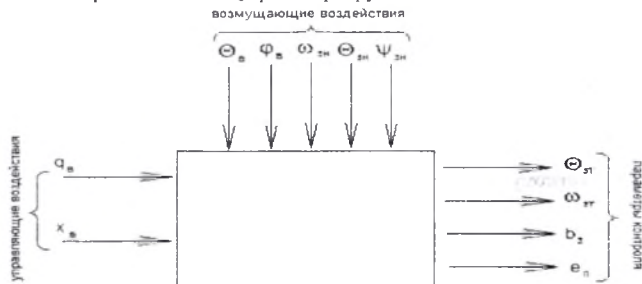


Рисунок 1 Параметрическая схема зернохранилища

Правильно организовать хранение зерна – это не допустить потери сухого вещества и обеспечить заданные значение качественных показателей. Поэтому целью оптимального управления процессом хранения является минимизация потерь массы зерна при соответствующих ограничениях по качественным показателям продукта в течении времени t , т.е.

$$\min G_n = F(\Theta_{\text{зт}}, \omega_{\text{зт}}, b_3, t), \quad (1)$$

при ограничениях

$$\Theta_{\text{зт}} \leq \Theta_{\text{доп}}, \quad (2)$$

$$\omega_{\text{зт}} \leq \omega_{\text{кц}}, \quad (3)$$

$$b_3 \geq b_{\text{доп}}, \quad (4)$$

где $\Theta_{\text{доп}}$ – допустимая температура зерна;

$\omega_{\text{кц}}$ – предельная влажность зерна;

$b_{\text{доп}}$ – допустимое снижение качественных показателей зерна;

Алгоритм оптимального управления процессом хранения зерна в соответствии с критерием (1) ... (4) предусматривает необходимость контроля параметров $\Theta_{\text{зт}}$, $\omega_{\text{зт}}$, b_3 , e_n . Температуру зерна в хранилищах (элеваторах, металлических емкостях, складах напольного типа) контролируют устаревшими релейными системами дистанционного измерения температуры (ДКТЭ-4, ДКТЭ-4МГ, МАРС-1500) или вручную при помощи термощупов и гермощтанг, погружаемых в различные места зерновой массы. Температуру в соответствии с существующими рекомендациями [2] проверяют от 1 раза в неделю до 2 раз в месяц. Следует отметить, что указанные устройства и сроки контроля сильно устарели и не отвечают новым нормативным документам ТКП 185-2009 «Правила по хранению зерна, маслосемян, муки и крупы» и ISO 4112:1990 Зерновые и бобовые культуры. Руководство по измерению температуры при хранении зерна насыпным способом.

Влажность, всхожесть, зараженность семян вредителями и показатели свежести зерна контролируют, отбирая пробы и выполняя их анализ в лабораторных условиях. Рекомендуемая периодичность контроля этих параметров значительно ниже и составляет для влажности 1 раз в месяц, а для всхожести не более раза в четыре месяца.

Таким образом, из указанных параметров наиболее важным с технологической и информационной точек зрения, наиболее полно и с наибольшей чувствительностью отражающим течение процесса хранения, является температура зерна. Контроль этого параметра на основе существующих средств в хранилищах несовершенен и требует больших затрат. При разработках новых проектов хранилищ и модернизации существующих, производстве технологических и технико-экономических расчетов необходимо применять новые современные системы дистанционного измерения температуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гинзбург А.С., Громов М.А. Теплофизические свойства зерна, муки и крупы. - М.: Колос, 1984. – 304с.
2. Правила по хранению зерна, маслосемян, муки и крупы – Министерство зерна и заготовок СССР, 1985г.

Содержание

Пленарное заседание

1	ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО НА ПЛЕНАРНОМ ЗАСЕДАНИИ <i>Казаровец Н.В. ректор БГАТУ, с.-х. наук, проф., член-корр. НАН Беларуси</i>	3
2	ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ АПК: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ <i>Русан В.И., д-р техн. наук, профессор (БГАТУ, Минск, РБ)</i>	4
3	ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИИ <i>Тихомиров А.В., канд. техн. наук (ВИЭСХ, Москва, РФ)</i>	7
4	ЭНЕРГОРЕСУРСЫ И ЭНЕРГООБОРУДОВАНИЕ АГРОГОРОДКОВ МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ <i>Герасимович Л.С., академик НАН, Шестерень В.Е., к.т.н., Шульга В.А., к.т.н. (БГАТУ, Минск, РБ; Могилевская областная сельскохозяйственная опытная станция НАН Беларуси, Могилев, РБ)</i>	10
5	ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА И ЕДИНАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ <i>Агаев Н.Н., доктор наук, член-корр. МАИТ, Маньшин Г.Г., д.т.н., член-корр. НАНБ (МНПО «Международная академия информационных технологий», Минск, РБ)</i>	12
6	АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ДВС С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛЬНЫХ ПРИБОРОВ <i>Савченко О.Ф., к.т.н., с.н.с. Ольшеский С.Н., к. т. н. (ГНУ СибФТИ, Новосибирск, РФ)</i>	16

Секция 1 «Энергообеспечение АПК»

1	КОНТРОЛЬ ДОСТОВЕРНОСТИ ВХОДНЫХ ДАННЫХ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ КОНТРОЛЯ И УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ <i>Анищенко В.А., Жерко С.Н. (БНТУ, Минск, РБ)</i>	20
2	УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПРОВЕРКИ ПРОСТЫХ РЕЛЕ И ЭЛЕМЕНТОВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ <i>Астахов С.М., канд. техн. наук, Сорокин И.С. (ФГОУ ВПО «Орловский государственный аграрный университет», Орел, РФ)</i>	21
3	МЕТОДОЛОГИЯ ЭНЕРГЕТОБЕЗОПАСНОСТИ И КОМПЛЕКСНОГО ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ АГРОГОРОДКОВ <i>Герасимович Л.С., Шестерень В.Е., Шульга В.А., Попов Б.И., Пархомов М.Д., Кошелев В.В. (БГАТУ, Институт энергетики НАН Беларуси, Минск, РБ)</i>	23
4	СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ УРОВНЕЙ ВЫСШИХ ГАРМОНИК В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ <i>Збродыга В.М., Янукович Г.И., канд. техн. наук, профессор, Сердешнов А.П., канд. техн. наук, профессор (БГАТУ, Минск, РБ)</i>	26
5	ОПЕРАТИВНЫЕ РАСЧЁТЫ ТЕХНИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ОСНОВНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ЭНЕРГОСИСТЕМ <i>Золотой А. А., канд. техн. наук, доцент (БНТУ, Минск, РБ)</i>	29
6	МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ <i>Золотой А. А., канд. техн. наук, доцент, Кунцевич А. И. (БНТУ, Минск, РБ)</i>	31

- 7 **СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ
СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ**
Козловская В.Б., Д. А. Гаврилович, О. Н. Перемотова (БНТУ, Минск, РБ) 33
- 8 **АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**
Королевич Н.Г., к.э.н., доцент (БГАТУ, Минск, РБ) 34
- 9 **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ
УВЛАЖНЕНИЯ ОБМОТОК АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ВО
ВРЕМЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАУЗ**
Лавцевич Е.В., (БГАТУ, Минск, РБ) 36
- 10 **СИСТЕМА ЭКСПЛУАТАЦИИ СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК**
*Некрасов А.И., д.т.н., ст.н.сотр., Сырых Н.Н., д.т.н., проф., Борисов Ю.С. к.т.н.,
ст.н.сотр. (ВИЭСХ, Москва, РФ)* 39
- 11 **ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ ТРАНСФОРМАТОРА
У/УнСУ**
*Протосовицкий И.В., канд. техн. наук, доцент, Янукович Г.И. канд. техн. наук,
проф. (БГАТУ, Минск, РБ)* 42
- 12 **ТРАНСФОРМАТОРНЫЕ ПОДСТАНЦИИ 10/0,4 КВ С КОМПАКТНЫМИ
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ С ЭЛЕГАЗОВОЙ
ИЗОЛЯЦИЕЙ НА ВЫСШЕМ НАПРЯЖЕНИИ**
Радкевич В.Н., Сталович В.В. (БНТУ, Минск, РБ) 44
- 13 **ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМУМА ПОТРЕБЛЯЕМОЙ МОЩНОСТИ
ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБЪЕКТА**
Радкевич В.Н., Трифонова О.А. (БНТУ, Минск, РБ) 45
- 14 **ВЫБОР И АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ТЕПЛООБЕСПЕЧЕНИЯ
ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ**
*В.Н.Растригин, профессор, д-р техн. наук, Д.А.Тихомиров, канд. техн. наук
(ВИЭСХ, Москва, РФ)* 47
- 15 **МЕТОД ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ
НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ**
*Русан В.И., докт. техн. наук, проф. (БГАТУ, Минск, РБ), Пухальская О.Ю. (ГГТУ им.
П.О. Сухого, Гомель, РБ)* 48
- 16 **ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ МОЩНОСТИ ОТ ВЕЛИЧИНЫ
ПОЛЮСНОГО ДЕЛЕНИЯ ТРЕХФАЗНЫХ АСИНХРОННЫХ
ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ**
Селицкая О.Ю., ст.преподаватель: Рак Е.М., (БГАТУ, Минск, РБ) 51
- 17 **ЭФФЕКТИВНЫЙ КОЖУХОТРУБНЫЙ ТЕПЛООБМЕННИК**
*Синяков А.Л., канд.тех.наук, В.А.Коротинский, канд.тех. наук, К.Э.Гаркуша,
канд.тех.наук, А.Е.Андрейчик, ст. преподаватель, С.И.Синица, ассистент (БГАТУ,
Минск, РБ)* 54
- 18 **ОСОБЕННОСТИ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ПРИ
РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**
*Счастный В.П., канд.техн. наук, доцент, Зеленкевич А.И., ст.преподаватель
(БГАТУ, Минск, РБ)* 55
- 19 **МЕТОДИКА ВЫБОРА МОЩНОСТИ РЕГУЛИРУЕМОЙ КОНДЕНСАТОРНОЙ
УСТАНОВКИ ПРИ УЧЕТЕ ПОТРЕБЛЯЕМОЙ И ГЕНЕРИРУЕМОЙ ЭНЕРГИИ**
Зеленкевич А.И., ст.преподаватель; Журко В.С. (БГАТУ, Минск, РБ) 58
- 20 **ЗАЩИТА ТРАНСФОРМАТОРОВ СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ОТ
УВЛАЖНЕНИЯ**
Усов Г.Г., Кожарнович Г.И. (БГАТУ, Минск, РБ) 61

- 21 **УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИЛОВЫХ МАШИНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ СЕЛЬСКОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ ПОСЛЕ ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЙ СУШКИ**
Усов Г.Г., Кожарнович Г.И., Усов Ю.Г. (БГАТУ, Минск, РБ) 63
 - 22 **ОЦЕНКА РЕЗЕРВОВ ПО СНИЖЕНИЮ ПОТЕРЬ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ**
Фурсанов М.И., докт. техн. наук, профессор, Золотой А.А. канд. техн. наук, доцент (БНТУ, Минск, РБ) 65
 - 23 **ВЛИЯНИЕ СХЕМ СОЕДИНЕНИЯ ОБМОТОК СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ НА ПОТЕРИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ**
Шевчик Н.Е., к.т.н., доцент, Михайлова Е.В., аспирантка (БГАТУ, Минск, РБ) 67
- Секция 2 «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии в АПК»**
- 1 **ПРИНЦИП ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ В МЕХАНИЧЕСКУЮ ЭНЕРГИЮ**
Алейников А. Ф., д.т.н., профессор (ГНУ Сибирский физико-технический институт аграрных проблем СО Россельхозакадемии, Новосибирск, РФ) 70
 - 2 **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛОГАРИФИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЛЯ ПОДБОРА ГИДРОТУРБИН ГЭС МАЛОЙ МОЩНОСТИ**
Артемчук С.В., к.т.н., доцент (БГАТУ, Минск, РБ) 71
 - 3 **ПОСТРОЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГИДРОТУРБИН В ЛОГАРИФИЧЕСКИХ КООРДИНАТАХ $N-H$**
Артемчук С.В., к.т.н., доцент, Бартошук С.В., Жибуль А.А. (БГАТУ, Минск, РБ) 74
 - 4 **ПОСТРОЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГИДРОТУРБИН В ЛОГАРИФИЧЕСКИХ КООРДИНАТАХ $Q-H$**
Артемчук С.В., к.т.н., доцент, Есипенко А.П., Карпузов С.Н., (БГАТУ, Минск, РБ) 76
 - 5 **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ГАЗОГЕНЕРАТОРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ГРАНУЛИРОВАННОГО ТОПЛИВА**
Артемьев В.П., Бохан Н.И., к.т.н., профессор, Артемьев П. В., Вербицкий В.Ф. (БГАТУ, Минск, РБ) 78
 - 6 **БИОГАЗОВЫЕ УСТАНОВКИ КАК СРЕДСТВО УЛУЧШЕНИЯ ЭКОЛОГИИ И ПОЛУЧЕНИЯ ЭНЕРГИИ**
Баран А.Н., к.т.н., доцент, Семеняхина Е. А (Международный государственный экологический университет имени А.Д. Сахарова, Минск, РБ) 80
 - 7 **ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТА «ЛАКСИЛЬ» НА ПИТАТЕЛЬНОСТЬ СИЛОСА ИЗ ЛИСТОСТЕБЕЛЬНОЙ МАССЫ ТОПИНАМБУРА**
Горный А.В., канд. с-х наук, доцент, Бойко Т.В., к.т.н., доц., Жишкевич М.М., канд. с-х наук, ст. н. сотрудник (БГАТУ, Минск, РБ) 81
 - 8 **ТОПИНАМБУР (*HELIANTHUS TUBEROSUS* L.) ПЕРСПЕКТИВНАЯ БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА**
Горный А.В., канд. с-х наук, доц., (БГАТУ, Минск, РБ) Ярошевич М.И., канд. с-х наук, доц., Вечер Н.Н., канд. биол. наук (ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси», Минск, РБ) 84
 - 9 **СОЛНЕЧНЫЕ ФОТОПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ДЛЯ АВТОНОМНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ**
Гременок В.Ф., д.ф.-м.н., гл. науч. сотр., Соболев В.Р., д.ф.-м.н., доц., Малишевский В.Ф., к.ф.-м.н., доцент, Чобот Г.М., к.ф.-м.н., доцент (ГНПО «Научно-практический центр НАН Беларуси по материаловедению», БГАТУ, Минск, РБ) 87
 - 10 **ПРОБЛЕМЫ ИНТЕГРАЦИИ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ В СИСТЕМУ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ РБ**
Гриневская Е.Ф., Омельчук А.А. (БГАТУ, Минск, РБ) 89

11	К ВОПРОСУ О ВЕТРОЭНЕРГЕТИКЕ <i>Дементей М.П., Вабищевич А.Г., к.т.н., доц. (БГАТУ, Минск, РБ)</i>	92
12	СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ВЫХОДА БИОГАЗА ПРИ АНАЭРОБНОМ СБРАЖИВАНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОТХОДОВ <i>Капустин Н.Ф., к.т.н., Суницова Ю.А. (РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», Минск, РБ)</i>	94
13	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭНЕРГИИ <i>Карпунин И.И. д.т.н., Кузьмич В.В. д.т.н., Балабанова Т.Ф. (БНТУ, Минск, РБ)</i>	96
14	ПРИМЕНЕНИЕ ВОДОСТРУЙНЫХ ЭЖЕКТОРОВ В ГИДРОЭНЕРГЕТИКЕ <i>Кравцов А.М., канд. техн. наук, Шахрай Д.С., Родевич А.Т. (БГАТУ, Минск, РБ)</i>	97
15	ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ПОТЕНЦИАЛА ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ <i>Кундас С. П. д.т.н., профессор, Тонконозов Б. А. к.т.н., доцент, Смирнов П. А., Нехаичик В. А. (УО «Международный государственный экологический университет имени А. Д. Сахарова», Минск, РБ)</i>	99
16	ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ И НЕТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ <i>Ловкис В.Б. к.т.н., доцент, Гаяль И.А. ассистент (БГАТУ, Минск, РБ)</i>	101
17	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА В КАЧЕСТВЕ БИОТОПЛИВА <i>Оганезов И.А., к.т.н., доц., Ширишова В.В., к.т.н., доц. (БГАТУ, Минск, РБ)</i>	104
18	ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИННОВАЦИОННЫЙ СЦЕНАРИЙ НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ <i>Пащинский В.А. к.т.н., доцент (УО «Международный государственный экологический университет имени А. Д. Сахарова», Минск, РБ)</i>	109
19	АНАЛИЗ ЭНЕРГОЭФЕКТИВНОСТИ НЕТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ <i>Полищук А. А., канд. физ.-мат. наук, доц., Мороз В. К., к.т.н., доц., инж. Михайльевич Г. А., н.с. Мороз А. В. (БГАТУ, БГТУ, БНТУ, БЕЛТЭИ, Минск, РБ)</i>	111
20	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО НАСОСА В СИСТЕМЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ <i>Почанин Ю.С. Доцент, к.т.н., Езубчик М.Ф. ассистент (БГАТУ, Минск, РБ)</i>	114
21	ЭНЕРГЕТОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СХЕМ РЕАЛИЗАЦИИ БИОГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА С РАЗНЫМИ ТИПАМИ ЭНЕРГОГЕНЕРИРУЮЩИХ УСТАНОВОК <i>Прокопья И.Н. м.н.с. НИИЦ АСУ ТЭП, аспирант (БНТУ, Минск, РБ)</i>	116
22	РЕСУРСЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ В БЕЛАРУСИ <i>Русан В. И., д.т.н., профессор, Касаткин Н.П. (БГАТУ, Минск, РБ)</i>	117
23	ВЛИЯНИЕ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ РЕЧНЫХ БАССЕЙНОВ (НА ПРИМЕРЕ Р. ВЯТИН) <i>Савенок Е.И. (УО «Международный государственный экологический университет имени А. Д. Сахарова», Минск, РБ)</i>	119
24	ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ СОЛНЕЧНОГО ВОДОНАГРЕВАТЕЛЯ ПРИ ПРИНУДИТЕЛЬНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ <i>Севернев М.М. д.т.н., д.т.н. Кузьмич В.В., д.т.н. Баштовой В.Г., Червинский В.Л. к.т.н. (БНТУ, Минск, РБ)</i>	121

- 25 **ФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ГРАНУЛИРОВАННОГО ТОПЛИВА ПРИ УТИЛИЗАЦИИ КАРТОННОЙ УПАКОВКИ** Севернев М.М. д.т.н., д.т.н. Кузьмич В.В., д.т.н. Баштовой В.Г., Янкевич С.Н., (БНТУ, Минск, РБ) 124
- 26 **ГЕЛОВОДОНАГРЕВАТЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА** Сияяков А.Л., канд.тех.наук, доцент (БГАТУ, Минск, РБ) 126
- 27 **ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ** Сычик В.А., докт. техн. наук, профессор (БНТУ, Минск, РБ); Русан В.И., докт. техн. наук, профессор, (БГАТУ, Минск, РБ); Подгайский Г.Д., к.т.н., доцент, (УО"Минский государственный политехнический колледж", Минск, РБ) 127
- 28 **ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ, ИСПОЛЬЗУЮЩАЯ ЭНЕРГИЮ МОРСКИХ ВОЛН** Сычик В.А., докт. техн. наук, профессор (БНТУ, Минск, РБ); Русан В.И., докт. техн. наук, профессор, (БГАТУ, Минск, РБ); Подгайский Г.Д., к.т.н., доцент, (УО"Минский государственный политехнический колледж", Минск, РБ) 129
- 29 **СПЕКТРАЛЬНО-ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ И НЕЛИНЕЙНО-ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФУЛЛЕРЕНА C₆₀ – КОМПОНЕНТА ГЕТЕРОПЕРЕХОДА СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ** Чернявский В.А. канд. физ.-мат. наук, Арабей С.М. доктор физ.-мат. наук, (БГАТУ, Минск, РБ); Павич Т.А. канд. хим. наук, (Институт физики им. Б.И.Степанова НАН Беларуси, Минск, РБ); Болодон В.Н. канд. биолог. наук, Дымонт В.П. канд. физ.-мат. наук, доцент, Бутылина И.Б. канд. хим. наук, доцент, Ползукина С.И., (БГАТУ, Минск, РБ) 131
- 30 **ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И СПЕКТРАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДНЫХ ФТАЛОЦИАНИНОВ И ПЕРИЛЕНОВ** Чернявский В.А. канд. физ.-мат. наук, Арабей С.М. доктор физ.-мат. наук, (БГАТУ, Минск, РБ); Шулицкий Б.Г., (Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск, РБ); Болодон В.Н. канд. биолог. наук, Дымонт В.П. канд. физ.-мат. наук, доцент, Бутылина И.Б. канд. хим. наук, доцент, Нехаичик А.А., (БГАТУ, Минск, РБ) 133

Секция 3 «Электротехнологии и электрооборудование АПК»

- 1 **УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ И ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВЕЩЕСТВ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ** Байлук Н.Д., старший научный сотрудник, Демидков С.В., канд.тех.наук, Занкевич В.А., канд.физ.-мат.наук, Булко М.И., ст.преподаватель, Лисовский В.В., канд.тех.наук (БНТУ, БГАТУ, Минск, РБ) 136
- 2 **ОЦЕНКА ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И РАСЧЕТ ЭНТРОПИИ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛО- И МАССООБМЕНА ПРИ КОНВЕКТИВНОЙ СУШКЕ** Байлук Н.Д., старший научный сотрудник, Демидков С.В., канд.тех.наук, Занкевич В.А., канд.физ.-мат.наук, Клишова В.Ф. (БНТУ, БГАТУ, Минск, РБ) 137
- 3 **ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В МУКОМОЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ НА ПРОЦЕСС ГИДРОТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА** Басюк Е.И., Лисовский В.В. к.т.н., доц. (БГАТУ, Минск, РБ) 137
- 4 **ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ ДРЕНАЖА ТЕПЛИЧНЫХ КОМБИНАТОВ ПРОДУКТАМИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ** Боровская В.В., Крутов А.В. к.т.н., доцент (БГАТУ, Минск, РБ) 140
- 5 **СТАБИЛИЗАЦИЯ ЗАГРУЗКИ ДРОБИЛОК И ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕЙ КОРМОВ** Дайнеко В.А., канд. техн. наук, доц., Шаукат И.Н., ст. преподаватель Прицупова Е.М., аспирант (БГАТУ, Минск, РБ) 143

- 6 **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КВАЗИСТАЦИОНАРНЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ ХИМИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ЭЛЕКТРОПРОВОДНЫХ ПОРОШКОВЫХ СМЕСЕЙ**
Демидков С.В., канд.тех.наук, Занкевич В.А., канд.физ.-мат.наук, Коротинский В.А., канд.тех.наук (БНТУ, БГАТУ, Минск, РБ) 144
- 7 **ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ЭЛЕКТРОКОАГУЛЯЦИИ БЕЛКОВ КАРТОФЕЛЬНОГО СОКА**
Дубодел И.Б., к.т.н., доцент (БГАТУ, Минск, РБ) 146
- 8 **ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ И ДРОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ КОТЛОАГРЕГАТА**
Зайцева Н.К. канд. техн. наук, доцент, Гаркуша К.Э. канд. техн. наук, доцент, Коротинский В.А. канд. техн. наук, доцент, Рехтик Н.В., Воробей Н.П., (БГАТУ, Минск, РБ) 148
- 9 **ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ОРГАНИЧЕСКИХ ДИСПЕРСНЫХ ГИДРОСИСТЕМ**
Заяц Е.М., докт. техн. наук, профессор, Корко В.С., канд. техн. наук, доцент (БГАТУ, Минск, РБ) 151
- 10 **ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРООБРАБОТКИ НА ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ**
Заяц Е.М., д.т.н., профессор, Кривовязенко Д.И., ст. преподаватель (БГАТУ, Минск, РБ) 154
- 11 **ОБОСНОВАНИЕ МАТЕРИАЛА ЭЛЕКТРОДОВ РАБОЧЕЙ КАМЕРЫ УСТАНОВКИ ЭЛЕКТРОТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА**
Кардашов П.В., канд. техн. наук, доцент, Кардашов М.В., (БГАТУ, Минск, РБ) 156
- 12 **СПОСОБ РЕАЛИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ФУРАЖНОГО ЗЕРНА**
Кардашов П.В., к.т.н., доц., Заяц Е.М., д.т.н., проф. (БГАТУ, Минск, РБ) 158
- 13 **ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ПОГРУЖНЫЕ СКВАЖИННЫЕ ЭЛЕКТРОНАСОСНЫЕ АГРЕГАТЫ ПРОИЗВОДСТВА ОАО «ЗАВОД ПРОМБУРВОД»**
Козорез А.С., директор (ЗАО «ГМС - Промбурвод», Минск, РБ), Козорез А.А., (БНТУ, Минск, РБ) 159
- 14 **СТИМУЛИРОВАНИЕ ВСХОЖЕСТИ СЕМЯН ЗЕЛЕННЫХ КУЛЬТУР ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ПОЛЕМ**
Корко В.С., канд. техн. наук, доцент, Ермалицкий Н.И., аспирант (БГАТУ, Минск, РБ) 162
- 15 **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЗЕРНОСУШИЛКИ**
Коротинский В.А., канд.техн.наук, доцент, Цубанов А.Г., канд.тех.наук, доцент, Синяков А.Л., канд.тех.наук, доцент (БГАТУ, Минск, РБ) 165
- 16 **МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ СИЛОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПЕРЕМЕННОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ВОДНЫЕ ДИСПЕРСНЫЕ СИСТЕМЫ**
Крутов А.В. к.т.н., доцент, Бойко М.А. инженер (БГАТУ, Минск, РБ) 167
- 17 **ЛИНЕЙНЫЙ АСИНХРОННЫЙ ПРИВОД НЕКОТОРЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МЕХАНИЗМОВ В АПК**
Малайчук Л.М., канд.тех.наук, доцент (Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Санкт-Петербург, РФ) 170
- 18 **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ЗОНЫ ОКИСЛЕНИЯ БИОМАССЫ В ТЕПЛОГАЗОГЕНЕРАТОРАХ** Марушко, В.А., (БГАТУ, Минск, РБ) 171

19	НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕРМОДАТЧИКОВ <i>Митюк В.И., Ткаченко Т.М., к.ф.-м.н., Чеченина Е.П., к.ф.-м.н. (Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по материаловедению, БГАТУ, Минск, РБ)</i>	175
20	АППАРАТ ПРЕДУСКОВОГО КОНТРОЛЯ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ – СРЕДСТВО РЕСУРСОБЕРЕЖЕНИЯ <i>Мурашко В.В., магистрант (БГАТУ, Минск, РБ)</i>	177
21	ОЦЕНКА ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ В АГРАРНЫХ РАЙОНАХ <i>Оганезов И.А., Гургенидзе И.Н. (БГАТУ, Минск, РБ)</i>	180
22	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ СТИМУЛЯЦИИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ <i>Павлюченко Е. В., Ерошов А. И. (Международный государственный экологический университет им. А.Д. Сахарова, Минск, РБ)</i>	185
23	ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА СОЛОДА ПУТЁМ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ <i>Пашинский В.А., канд. техн. наук, доцент. (Международный государственный экологический университет имени А.Д. Сахарова, г. Минск, РБ), Н.Ф. Бондарь, канд. хим. наук, О.В. Бондарчук (БГАТУ, Минск, РБ)</i>	186
24	ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПОСТУПЛЕНИЯ СУММАРНОЙ РАДИАЦИИ НА ГОРИЗОНТАЛЬНУЮ И НАКЛОННУЮ ПОВЕРХНОСТИ <i>Пашинский В.А., канд. техн. наук, доцент, А.А. Бутько (Международный государственный экологический университет имени А.Д. Сахарова, г. Минск, РБ)</i>	187
25	ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ОСВЕЩЕНИИ <i>Полищук А. А., канд. физ.-мат. наук, доцент, Мороз В. К., канд. техн. наук, доцент, инж. Михальцевич Г. А., н.с. Мороз А. В. (БГАТУ, БГТУ, БНТУ, БТЭИ, Минск, РБ)</i>	189
26	ОБОСНОВАНИЕ ДОПУСТИМЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОДНЫХ НАГРЕВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТЕРМОЛАБИЛЬНЫХ СРЕД <i>Прищепов М.А., д.т.н., доцент; Рутковский И.Г., ст. преподаватель (БГАТУ, Минск, РБ)</i>	192
27	УСТАНОВКА ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОТЫ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ ВОЗБУСОВ ПОМЕЩЕНИЙ <i>М.А. Прищепов, докт.тех.наук, И.А. Цубанов, ст. препод. И.А. Цубанова, ассистент (БГАТУ, Минск, РБ)</i>	194
28	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИХ ТЕРМОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ЗАЩИТ, КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСОБЕРЕЖЕНИЯ <i>Равинский П.А. (БГАТУ, Минск, РБ)</i>	195
29	ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ МАШИН ДЛЯ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЛЬНА <i>Равинский Н.А., аспирант; Прищепова Е.М., аспирант (БГАТУ, Минск, РБ)</i>	198
30	СИСТЕМА АКУСТИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ <i>Ролич О.Ч., к.т.н., Ворона В.Г. (БГАТУ, Минск, РБ)</i>	199
31	АНАЛИЗ РАБОТЫ ЗСК И ПУТИ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ПРОЦЕССА СУШКИ <i>Русан В.И. д.т.н. профессор, Климкович П.Н., аспирант (БГАТУ, Минск, РБ)</i>	202
32	КОЖУХОТРУБНЫЙ ТЕПЛООБМЕННИК <i>Сняжков А.Л., канд.тех.наук, И.А.Цубанов, ст.преподаватель (БГАТУ, Минск, РБ)</i>	203

- 33 **К ВОПРОСУ О ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ ПАМАГНИЧЕННОСТИ ОБРАЗЦА ПРИ УЧЕТЕ КРАЕВЫХ ЭФФЕКТОВ**
Соболь В.Р., д.ф.-м.н., доцент, (БГАТУ, Минск, РБ); Корзун Б.В. к.ф.-м.н., ст. науч. сотр., (ГНПО «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по материаловедению», Минск, РБ); Дубина Т.В. инженер, (Брестский государственный университет им. А.С.Пушкина, Брест, РБ); Малишевский В.Ф., к.ф.-м.н., доцент, Чобот Г.М., к.ф.-м.н., доцент, (БГАТУ, Минск, РБ); Гременок В.Ф., д.ф.-м.н., гл. науч. сотр. (ГНПО «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по материаловедению», Минск, РБ) 204
- 34 **УСТАНОВКА ДЛЯ СУШКИ ЗЕРНА**
Цубанов А.Г., канд.тех.наук, доцент, Сияков А.Л., канд.тех.наук, доцент (БГАТУ, Минск, РБ) 206

Секция 4 «Автоматизация технологических процессов АПК»

- 1 **РОБОТЫ В ПОЛЕ**
Башилов А. М., д.т.н., проф., Загинайлов В. И., д.т.н., проф., Судник Ю. А., о. т.н., проф. (ФГОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина», Москва, РФ) 209
- 2 **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОКОНТРОЛЕРОВ В СИСТЕМАХ ЛОКАЛЬНОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА**
Волкова Е.С., ст. преподаватель (БГАТУ, Минск, РБ) 212
- 3 **МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕКТОРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ**
Галушко Е.В., к.т.н., Ролич О. Ч., к.т.н. (БГАТУ, Минск, РБ) 213
- 4 **ОБЗОР РЫНКА АСКУЭ ДЛЯ МЕЛКОМОТОРНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ**
Громова В.С., ассистент (БГАТУ, Минск, РБ) 215
- 5 **ВЗАИМОСВЯЗАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД АГРЕГАТОВ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЛЬНА С ПЕРЕДАЧЕЙ ИНФОРМАЦИИ ПО СИЛОВОЙ СЕТИ** Дайнеко В.А., канд. техн. наук, доц., Равинский Н.А. (БГАТУ, Минск, РБ) 218
- 6 **РЕЗУЛЬТАТЫ ОПЫТНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОЛОНКОВОЙ ЗЕРНОСУШИЛКОЙ СЗК**
Дайнеко В.А., канд. техн. наук, доц., Шаукат И.Н., ст. преподаватель, Прищепова Е.М., аспирант (БГАТУ, Минск, РБ) 219
- 7 **МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ РАЗДАЧИ КОРМОВ**
Жур А.А., ст.преподаватель, Ролич О.Ч.доцент (БГАТУ, Минск, РБ) 221
- 8 **УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ НАСОСА ДЛЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ**
Иванов Г.Я., д.т.н., проф., Кузнецов А.Ю., к.т.н. (Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, РФ) 224
- 9 **ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОДДЕРЖАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА В ПТИЧНИКЕ**
Игнатчик Л.Л., Пашкевич А.П., Якубовская Е.С. (БГАТУ, Минск, РБ) 227
- 10 **МОДЕРНИЗАЦИЯ ИЗМЕРИТЕЛЯ-РЕГУЛЯТОРА МТ2 И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРОМ**
Ковалев В.А., к.т.н., доцент, Скочек И.И. (БГАТУ, Минск, РБ); Кулаков А.Т., к.т.н., доцент (БНТУ, Минск, РБ); Сисин А.А. (ОДО «Микротерм», Минск, РБ) 229
- 11 **УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ С ПЕРЕДАЧЕЙ ИНФОРМАЦИИ ПО ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СЕТЯМ**
Лебедев В.И., к.т.н., доцент (БГАТУ, Минск, РБ) 232

- 12 **АВТОМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ УВЛАЖНЕНИЯ ЗЕРНА ПЕРЕД ПОМОЛОМ**
Лисовский В.В., канд. техн. наук, профессор (БГАТУ, Минск, РБ) 234
- 13 **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛЕЗНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СВЯЗЕЙ В УСТРОЙСТВЕ УПРАВЛЕНИЯ**
Павловский В.А. (БГАТУ, Минск, РБ) 237
- 14 **МЕТОДЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ В АПК НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**
Русан В.И., д.т.н., проф., Матвеевко И.П., к.т.н., доцент (БГАТУ, Минск, РБ) 239
- 15 **ПРИНЦИПЫ УСТРОЙСТВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА МЕХАНИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ С ВНУТРЕННИМИ И ВНЕШНИМИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИМИ ПОВЕРХНОСТЯМИ**
Рыжевич А.А. канд. физ.-мат. наук, (БГАТУ, Минск, РБ), С. В. Солоневич (Институт физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси Минск, РБ) 241
- 16 **СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИНФОРМАТИЗАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА**
Самосюк В.Г., к.э.н., доцент, Гутман В.Н., к.т.н., доцент, Гируцкий И.И., д.т.н., доцент (РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», Минск, РБ) 244
- 17 **ПРИМЕНЕНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО СИМПЛЕКСНОГО МЕТОДА ПРИ СИНТЕЗЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПУТЕМ МОДЕЛИРОВАНИЯ НА ЭВМ**
Сидоренко Ю.А., к.т.н., доцент (БГАТУ, Минск, РБ) 247
- 18 **АНАЛИЗ И СИНТЕЗ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ИНТЕРВАЛЬНЫХ ОЦЕНОК**
Судник Ю. А., д.т.н., проф., Загинайлов В. И., д.т.н., проф., Башилов А. М., д. т. н., проф. (ФГОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина», Москва, РФ) 248
- 19 **ЗЕРНОХРАНИЛИЩЕ КАК ОБЪЕКТ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ**
Шевчик Н.Е., к.т.н., доцент, (БГАТУ, Минск, РБ) Солдатенко А.А. гл. инж. (ГУ «Научно-исследовательский и проектно-технологический институт хлебопродуктов», Минск, РБ) 251