ISSN 0131-5277

ВЕСТНИК

ГОСУДАРСТВЕННОГО НАУЧНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ

ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ И НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Выпуск 2(7)

Москва 2012

ВЕСТНИК ВИЭСХ

№2(7) 2012

Теоретический и научно-практический журнал. Основан в 2005 году
Учредитель и издатель: Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства Россельхозакадемии

Редакционная коллегия:
Д.С. Стребков (председатель, главный научный редактор)
А.В. Тихомиров (зам. председателя, зам. главного научного редактора)
А.Н. Васильев (зам. председателя, зам. главного научного редактора)
Н.Ф. Молоснов (зам. председателя, зам. главного научного редактора)
Л.П. Кормановский,
Ю.М. Антонов,
В.М. Евдокимов,
Е.М. Клычев,
А.Б. Коршунов,
Б.П. Коршунов,
В.Р. Краусп,
А.К. Лямцов,
А.И. Некрасов,
Л.Д. Сагинов,
Р.С. Суюнчалиев,
Е.В. Халин,
Ю.А. Цой,
Ю.М. Щекочихин,
Т.А. Гудкова (ответственный секретарь, редактор)

Адрес редакции:
109456, г. Москва,
1-й Вешняковский проезд, 2.
Телефон: (499) 171-22-91
Факс: (499) 170-51-01
E-mail: vestnikviesh@gmail.com

Свидетельство о регистрации
ПИ № ФС77-46497 от 08.09.2011 г.
Выходит 4 раза в год.
Научный редактор выпуска
Н.Ф. Молоснов
Компьютерный оригинал-макет
М.П. Татаринова
Подписано в печать 21.06.2012 г.
Формат 60×84/8. Объем 9,75 печ.л.
Тираж 100 экз. Печать офсетная.
Заказ № 45.

Отпечатано в ООО «Издательство Агрорус».
119590, Москва, ул. Минская, д. 1Г, корп. 2

ISSN 0131-5277

Содержание номера

8-я Международная научно-техническая конференция «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве» (16-17 мая 2012 г., ГНУ ВИЭСХ)…….. **2**
Горбачев И.В. К 140-летию со дня рождения основоположника электрификации России, председателя Комиссии ГОЭЛРО Г.М. Кржижановского…… **8**
Безруких П.П. Задачи научных и инженерных общественных организаций по развитию возобновляемой энергетики в России…. **12**
Федоренко В.Ф. Научно-информационное обеспечение ресурсосбережения в АПК…….. **19**
Стребков Д.С., Кузнецов И.М., Макеев М.В. Системное развитие информатизации в сельском хозяйстве…… **24**
Загинайлов В.И. Проблемы энергосбережения при производстве, передаче и использовании энергии……... **35**
Алхазова Е.О., Свентицкий И.И., Антуфьев И.А. Снижение энергоемкости сельскохозяйственной продукции и ВВП России…… **39**
Топорков В.Н. Высоковольтные импульсы в борьбе с болотными сорняками…… **49**
Курдюмов В.И., Павлушин А.А., Сутягин С.А. Энергозатраты на процесс сушки зерна……. **52**
Трубников В.З. Преобразователи частоты для резонансных электрических систем…… **55**
Мусин А.М. Проект автоматизированной технологии откорма свиней…….. **61**
Шмелёв С.А., Буклагин Д.С. Анализ технического уровня расходомеров дизельного топлива……. **64**
Мамхегов А.М., Некрасов А.И., Трифонов В.З., Мамхегов М.А. Исследование электрической прочности внешней изоляции дугогасительного устройства…….. **66**
Стребков Д.С., Никитин Б.А., Гусаров В.А. Оценка эффективности работы солнечного элемента при малых и повышенных уровнях освещенности……... **69**
Выездное заседание Бюро Отделения механизации, электрификации и автоматизации Россельхозакадемии…….. **74**
Информация о подписке на журнал на 2013 г. …….. **76**

Журнал включен
в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).
Полные тексты статей размещаются на сайте
электронной научной библиотеки: elibrary.ru

Перепечатка материалов, опубликованных в журнале, допускается только с разрешения редакции.

© ГНУ ВИЭСХ Россельхозакадемии, 2012.

Информация

8-я Международная научно-техническая конференция «ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ» (16 – 17 мая 2012 г., г. Москва, ГНУ ВИЭСХ)

140-летию со дня рождения выдающегося ученого-энергетика, основоположника электрификации России, председателя Комиссии по подготовке Государственного плана электрификации России (ГОЭЛРО), академика АН СССР Г.М. Кржижановского была посвящена 8-я Международная научно-техническая конференция «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве», состоявшаяся в ВИЭСХе 16–17 мая 2012 г. Организаторы конференции: Минсельхоз России, Россельхозакадемия, ГНУ ВИЭСХ, МГАУ им. В.П. Горячкина, ГНУ ВИМ.

Главной целью конференции было определение путей решения основных стратегических направлений развития энергетической политики АПК.

Открыл Конференцию Председатель Оргкомитета, Вице-Президент Россельхозакадемии, академик Ю.Ф. Лачуга:

«Уважаемые участники конференции, позвольте мне от имени Оргкомитета приветствовать вас и пожелать успешной работы.

Нынешний май – особый, рубежный как в целом для жизни страны, так и функционирования ее экономики и научного обеспечения отраслей народного хозяйства.

В соответствии с рядом Указов вновь вступившего в должность Президента Российской Федерации В.В. Путина от 7 мая 2012 г. предусмотрены меры по решению наиболее актуальных проблемных вопросов для страны:

- утверждение до 01 января 2013 г. Государственных программ развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия;

- до 31 декабря 2012 г. утверждение ряда социальных государственных программ «Развитие науки и технологий»;

- повышение к 2018 г. средней заработной платы научных сотрудников, преподавателей вузов, врачей до 200% от средней заработной платы в соответствующем регионе;

- разработка и утверждение в декабре 2013 г. Концепции развития математического образования в Российской Федерации, увеличение объемов финансирования научных фондов;

- утверждение в декабре 2012 г. программы фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период, обеспечивающей в области науки: увеличение к 2018 г. общего объема финансирования государственных научных фондов до 25 млн. руб.; увеличение к 2015 г. внутренних затрат на исследования и разработки до 1,77% ВВП с увеличением доли образовательных учреждений ВПО в таких затратах до 11,4%; увеличение к 2015 г. доли публикаций российских исследователей в общем количестве публикаций в мировых научных журналах, индексируемых в базе данных «Сеть наук», до 2,44%.

Важнейшие положения выдвинуты Д.А. Медведевым при утверждении его кандидатуры на должность Председателя Правительства Российской Федерации в части, касающейся развития российской энергетики. Отмечено, что инфраструктура энергетики развивается в соответствии с долгосрочной стратегией и генеральными схемами развития отдельных секторов энергетики (на период до 2030 г.). Ежегодно в единую энергетическую систему России инвестируется до 1 трлн. руб., но далеко не всегда эти инвестиции дают нужный эффект.

К 2010 г. суммарные расходы энергопотребления в стране достигли 5 трлн. руб. Особенно рост заметен в ЖКХ. Если в 2000 г. россияне истратили на оплату энергоснабжения своих жилищ 114 млрд. руб., то в 2010 г. – 1140 млрд. руб., т.е. в 10 раз больше. Это недопустимо.

Вместе с тем имеются и некоторые достижения в снижении энергоемкости экономики страны. В 1998-2008 гг. Россия вышла в мировые лидеры по темпам снижения энергоемкости – на 42 % за указанный период, при росте промышленного производства на 17% за 2000-2010 гг. потребление конечной энергии снизилось на 10 млн. т у.т. Как отмечено Д.А. Медведевым, для нас остается задача – к 2020 г. добиться снижения энергоемкости ВВП еще на 40% к уровню 2008 г.

Сама энергия должна стать качественней. Объем производства электроэнергии с использованием возобновляемых источников должен

возрасти с 1% до не менее, чем 2,5 % к 2015 г. Эти меры позволят существенно улучшить и экологическую ситуацию в стране.

Энергоемкость ВВП сельского хозяйства за последние 10 лет снизилась на 30%. Однако из-за диспаритета цен в структуре себестоимости производства сельхозпродукции наблюдается значительное повышение энергетической составляющей – с 7-10% до 15-25%, а по некоторым видам продукции и до 30-40% (птицефабрики, теплицы). Всё это требует разработки научно-обоснованных мер повышения эффективности использования энергоресурсов в сельскохозяйственном производстве.

Поэтому энергетическая политика на селе должна быть направлена на совершенствование структуры топливно-энергетического баланса, освоение новых видов топлива и энергии, разработку и внедрение энергоэкономных технических средств, рационализацию и модернизацию систем обеспечения топливом и электроэнергией, включая широкое использование децентрализованных систем, местных и возобновляемых энергоресурсов, вплоть до самоэнергообеспечения ряда объектов и предприятий на основе альтернативных источников энергии.

Немаловажным, а может быть, и определяющим является переход на новые энерго- и ресурсосберегающие технологии, обеспечивающие рост эффективности отрасли в целом.

В представленных на конференции докладах будет обсужден широкий спектр вопросов повышения эффективности использования энергии на селе, предложены конкретные меры и механизмы модернизации его энергетической базы, представлены принципиально новые технологические и технические решения.

Мы должны сегодня обеспечить ускоренное внедрение новых разработок в сельхозпроизводство, что является наиболее весомым результатом нашей деятельности».

На пленарном заседании конференции с докладами выступили: Академик-секретарь Отделения механизации, электрификации и автоматизации Россельхозакадемии, член-корр. И.В. Горбачев – о жизни и деятельности выдающегося ученого-энергетика, государственного деятеля, академика АН СССР Г.М. Кржижановского; директор ГНУ ВИЭСХ, академик Россельхозакадемии Д.С. Стребков – о перспективах развития возобновляемой энергетики; зам. директора ГНУ ВИМ, д-р техн. наук Я.П. Лобачевский – о применении энергосберегающих технологий и технических средств в растениеводстве (соавторы – директор ГНУ ВИМ, академик Россельхозакадемии А.Д. Измайлов, академик Россельхозакадемии В.М. Кряжков). Директор ГНУ ГОСНИТИ академик Россельхозакадемии В.И. Черноиванов говорил об опыте внедрения инновационных технологий при модернизации инженерно-технической системы АПК. Проблемы энергосбережения при производстве, передаче и использовании энергии осветил декан энергетического факультета МГАУ им. В.П. Горячкина, д-р техн. наук В.И. Загинайлов. Заместитель генерального директора Института энергетической стратегии, д-р техн. наук П.П. Безруких изложил задачи научных и инженерных общественных организаций по развитию возобновляемой энергетики в России. Академик Россельхозакадемии Б.А. Рунов говорил об использовании новых технологий, обеспечивающих энергосбережение в АПК. Зам. директора Депнаучполитики Минсельхоза России, д-р экон. наук Н.Т. Сорокин остановился на значении новых инновационных технологий энергообеспечения и энергосбережения для повышения эффективности сельскохозяйственного производства, высказался о необходимости проведения в 2013 г. научно-практической конференции «Биоэнергетика и нетрадиционные источники энергии в сельском хозяйстве». О социально-экономическом значении энергосбережения в сельском хозяйстве сказал академик Россельхозакадемии Н.М. Морозов (ГНУ ВНИИМЖ). Состояние и перспективы развития технологий механотроники и роботизированных процессов в технологической модернизации молочных ферм изложил член-корр. Россельхозакадемии Ю.А. Цой (ГНУ ВИЭСХ). Об электророботизации производства как основного пути модернизации АПК до 2020 г. выступил д-р техн. наук В.Р. Краусп (ГНУ ВИЭСХ). Д-р техн. наук В.И. Русан (БГАТУ, г. Минск) показал роль энергообеспечения в устойчивом развитии АПК Беларуси.

В работе Конференции приняли участие специалисты Минсельхоза России, Минэнерго России, Россельхозакадемии, сотрудники 28 НИИ и 19 учебных учреждений, работники сельскохозяйственных предприятий, КБ, органов государственного управления в субъектах РФ, исследователи и руководители организаций из Беларуси, Латвии, Чехии, Азербайджана, Молдовы, Казахстана, Армении.

Всего в конференции приняли участие 170 специалистов, с докладами выступили 137 человек.

Опубликовано в 5 томах трудов конференции – 300 докладов, в том числе 50 докладов из 12 стран дальнего и ближнего зарубежья: Азербайджана, Беларуси, Украины, Латвии, Литвы, Туркмении, Узбекистана, Чехии, Казахстана, Армении, Польши, Молдовы.

Конференция была аккредитована по Программе «Участник молодежного научно-инновационного конкурса» («У.М.Н.И.К.»), в рамках которой проводится конкурсный отбор молодежных инновационных проектов для участия в финальных мероприятиях конкурса.

Программа конференции включала актуальные вопросы развития энергетической базы сельского хозяйства и энергосбережения, рационального энергетического обеспечения сельских территорий, сельскохозяйственного производства, социальной сферы, поиска путей повышения надежности и качества энергоснабжения, эффективности использования энергоресурсов, возможностей более широкого использования местных энергоресурсов, создания децентрализованных систем, получения новых видов топлива, переработки и использования отходов сельскохозяйственного производства, возобновляемых энергоресурсов, разработки и внедрения энергоэффективных технологий, электро- и нанотехнологий, современных образцов энергетического оборудования.

Работа конференции сопровождалась выставкой результатов научных исследований ГНУ ВИЭСХ по основным вопросам тематики конференции.

К началу работы конференции было издано 5 томов трудов, в которых опубликованы доклады и сообщения по тематике 5 секций:

- Проблемы энергообеспечения и энергосбережения;
- Энергосберегающие технологии в растениеводстве и мобильной энергетике;
- Энергосберегающие технологии в животноводстве и стационарной энергетике;
- Возобновляемые источники энергии, местные энергоресурсы, экология;
- Инфокоммуникационные технологии и нанотехнологии.

Общий объем трудов конференции составил 101 печатный лист.

Участники конференции приняли **Рекомендации**, в которых отмечено: «…стратегической целью развития энергетики сельского хозяйства является повышение эффективности сельхозпроизводства, снижение себестоимости продукции и рост производительности труда на базе электромеханизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственных технологий, их надежного и устойчивого энергообеспечения, повышение эффективности использования и экономии топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), снижение энергоемкости сельскохозяйственной продукции.

В последнее время принят ряд Правительственных Постановлений и Распоряжений, а также Федеральный закон Российской Федерации от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Разработана и принята Распоряжением Правительства от 27.12.2010 г. Государственная программа Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 г.».

В этих документах определены конкретные показатели повышения энергетической эффективности производства и снижения энергоемкости ВВП Российской Федерации к 2020 г. не менее чем на 40%.

Одним из основных показателей энергоэффективности производства сельхозпродукции является ее энергоемкость, то есть величина удельных затрат энергии на производство единицы продукции.

В последние годы в структуре себестоимости производства сельскохозяйственной продукции наблюдается значительное повышение энергетической составляющей – с 7-10% до 15-25%, а по некоторым видам продукции и до 30-40% (птицефабрики, теплицы), в то время как энергозатраты и энергоёмкость ВВП сельского хозяйства сократились, что говорит о резком диспаритете цен на энергоресурсы и сельхозпродукцию. Все это требует выработки научно обоснованных направлений и мер повышения эффективности использования энергоресурсов, что приобретает особое значение при вступлении России в ВТО в условиях конкуренции с зарубежными предприятиями, где более высокий уровень технологий и производительности труда.

Рассматривая с этих позиций состояние с энергообеспечением производственных объектов сельского хозяйства, социальной сферы сегодня, следует отметить, что по многим направлениям и показателям имеется отставание по сравнению с передовыми странами. Имея значительные запасы энергоресурсов как традиционных, так и местных, использование их в энергобалансе сельского хозяйства еще не стало эффективным. Так коэффициент использования топлива (КПИ) намного ниже, чем в других отраслях, и составляет всего 35-40%, а энергоемкость выше в 2-4 раза.

На селе имеются значительные резервы повышения эффективности использования всех видов энергоресурсов, экономии традиционных их видов, широкого вовлечения в энергобаланс местных, нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, биомассы, растительных и древесных отходов, т.е. действенного проведения энергосберегающей политики.

Системы, сети, оборудование и технические средства энергоснабжения и энергоиспользования во многих случаях устарели, срок их службы вышел за пределы допустимого, к тому же многие предприятия, хозяйства и их эксплуатационные службы находятся в состоянии, не обеспечивающем нормальное обслуживание, ремонт и эксплуатацию энергетических сетей и оборудования, что определяет большие потери энергии – в ряде случаев до 50%.

Снизились надежность и качество энергоснабжения, возросло число и продолжительность отключений электроэнергии по различным причинам, а должного резерва не обеспечено.

Возрастающие затраты на оплату топливно-энергетических ресурсов отрицательно сказываются на экономике сельскохозяйственных предприятий.

Необходимость снижения затрат на энергоснабжение села предопределяет рациональное построение структуры топливно-энергетического баланса предприятий и регионов, производство и освоение новых видов топлива, использование местных энергоресурсов, отходов сельскохозяйственного производства.

Ранее все выше перечисленные ресурсы широко использовались на селе в качестве топлива и энергии в простейших установках. Однако технологии и оборудование по их использованию были малоэффективны с низким КПД.

Для широкого вовлечения в энергобаланс села местных и возобновляемых энергоресурсов необходим более высокий технологический и технический уровень с использованием инновационных технологий и нового энергоэффективного оборудования.

При этом необходимо проведение активной энергосберегающей политики на базе достижений научно-технического прогресса.

Задачи науки – обосновать и выработать рекомендации по решению практических задач рационального и эффективного энергообеспечения и энергосбережения на селе с привлечением широкого круга специалистов в регионах, инженерно-энергетических служб на предприятиях АПК, вооружить их практическими знаниями по проведению энергосбережения, обследованию систем и средств энергообеспечения, энергоаудита, налаживанию действенного контроля и учета заказа и расхода энергоресурсов.

Необходимо обеспечить более широкую информацию и координацию работ по развитию систем и средств энергообеспечения и энергосбережения, сотрудничество научных, учебных, конструкторских и производственных организаций страны и стран ближнего зарубежья по проблемам энергообеспечения, так как задачи здесь общие и их решения ждут во всех регионах России и в ближнем зарубежье.

Следует отметить достаточно высокий научный уровень заслушанных на конференции докладов по энергообеспечению сельскохозяйственных объектов и энергосбережению, развитию и совершенствованию энергетической базы, созданию энергоэкономных технологий, электро- и нанотехнологий, новых процессов, образцов техники и оборудования, развития инфокоммуникационных систем. Результаты проводимых исследований по новым разработкам являются базой для реализации инновационных проектов, энергоэффективных мероприятий и энергосбережения в АПК.

Заслушав и обсудив представленные в докладах и сообщениях участников конференции фундаментальные и перспективные прикладные научно-технические разработки по широкому кругу вопросов совершенствования энергетической базы, систем эффективного энергообеспечения и использования энергии, а также энергосбережения, научно-техническая конференция **ПОСТАНОВЛЯЕТ:**

1. Одобрить в целом проводимые в научных коллективах сельскохозяйственных учреждений и организаций страны и ближнего зарубежья исследования, результаты разработок, выводы и предложения, содержащиеся в докладах и сообщениях участников конференции, как отвечающие, в основном, перспективным направлениям развития и совершенствования энергетической базы села, энергоэффективных систем и средств энергообеспечения.

2. Считать перспективным и приоритетным направлением фундаментальных и прикладных исследований инженерной науки в АПК повышение эффективности использования топливно-энергетических ресурсов, создание энергоэффективных технологий и техники, новых способов преобразования и использования энергии, энергосбережения для обеспечения снижения энергоемкости производимой продукции, роста производительности труда и снижения себестоимости сельскохозяйственной продукции.

3. Научно-исследовательским и конструкторским организациям Россельхозакадемии, подразделениям ведомств, учебных заведений, центров, занимающихся вопросами электро- и энергоснабжения, энергоиспользования и энергосбережения, электромехаиза-

ции производства, рекомендовать продолжить, расширить и углубить исследования по следующим направлениям:

• разработка новых энергоэкономных машинных технологий, электротехнологий, мобильной энергетики и энергооборудования для сельхозпроизводства на базе электрификации, электромеханизации, тепло- и холодоснабжения, газификации, автоматизации, информатизации, а также с использованием нанотехнологий;

• разработка систем, средств и способов повышения устойчивости, надежности и эффективности энергоснабжения сельскохозяйственных потребителей, снижения потерь энергии во всех звеньях;

• обоснование рациональных потребностей села в энергии и оптимизация структуры топливно-энергетического баланса с широким использованием местных и возобновляемых энергоресурсов, сельскохозяйственных отходов в соответствии с ресурсами регионов, хозяйств;

• разработка новых способов, электро- и нанотехнологий на базе электрофизических методов воздействия на растения, животных, среду обитания, продукты, снижающих до 3-х раз энергозатраты и улучшающих экологические показатели окружающей среды и получаемой продукции;

• разработка децентрализованных (автономных) систем энергообеспечения и средств малой энергетики, снижающих зависимость от централизованного энергоснабжения посредством выработки и самообеспечения энергией на базе мини-ТЭС, использования газа, местных и возобновляемых энергоресурсов, отходов и преобразованных видов топлива, включающих:

- реконструкцию котельных с целью преобразования их в когенерационные установки (мини-ТЭЦ) по производству электроэнергии, теплоты и холода с применением тепловых насосов, местных видов топлива;

- широкое использование тепловых насосов для отопления и кондиционирования производственных и жилых зданий;

- создание комбинированных установок на базе традиционных и возобновляемых энергоресурсов;

• разработка новых систем освещения и светового оборудования, снижающих энергопотребление в 3-5 раз;

• разработка энергоэффективных технологий получения биотоплива посредством переработки биомассы, отходов сельскохозяйственного производства в качественное жидкое (в т. ч. смесевое) и газообразное топливо и его использование для получения электроэнергии и теплоты;

• разработка и реализация способов получения композиционных видов смесевого жидкого топлива, обеспечивающих экономию основных компонентов до 20%;

• разработка энергоэффективных способов и новых технологий преобразования с высоким КПД возобновляемых источников энергии в тепловую и электрическую энергию и ее использование для энергоснабжения сельских потребителей с замещением потребления значительной доли традиционных энергоресурсов;

• разработка новых технологий, методов и средств, повышающих эффективность использования и контроля расхода жидкого топлива, газа и смазочных материалов в мобильной и стационарной энергетике растениеводства;

• разработка методов и средств оценки качества и безопасности продукции при ее производстве и хранении;

• разработка и реализация новых электромеханизированных и автоматизированных энергоэффективных процессов и технологий в животноводстве, растениеводстве и переработке сельскохозяйственной продукции, более полно реализующих потенциал животных, растений, энергию корма, обеспечивающих снижение энергозатрат и энергоемкости продукции до 30%;

• разработка и реализация инновационных проектов роботизированных предприятий-автоматов и электророботов для животноводства, кормопроизводства и переработки сельскохозяйственной продукции, основанных на базе автономного электроснабжения, теплоснабжения и водоснабжения, применения интеллектуальных компьютерных систем управления, обеспечивающих собственное производство продовольствия «органик» в замкнутом цикле «от поля до магазина» при увеличении производительности труда на единицу продукции в 2-3 раза и снижении приведенных затрат до 30%;

• разработка системных мероприятий по энергосбережению в растениеводстве России, включая в первую очередь создание энергосберегающих технологий и техники нового поколения для растениеводства:

- энерготехнологических комплексов на базе тракторов с двигателями мощностью от 120 до 500 л.с.;

- универсальных мобильных энергетических средств;

- техники многоцелевого назначения, энергоэффективной техники для почвообработки, посева, ухода за растениями, уборочных машин и др.;

• перевод ряда мобильных средств на электропривод и создание новых электрифицированных транспортных средств;

• отработка методологии и практических рекомендаций по оценке энергоэффективности с определением прямых и полных энергозатрат систем энергообеспечения новых технологий, систем машин, техники, оборудования, использования энергоносителей, выявления и реализации потенциала экономии ТЭР.

4. ГНУ ВИЭСХ как головной научной организации по электрификации и энергетике в АПК усилить координацию работ по развитию энергетической базы, повышению энергоэффективности и энергосбережению, разработать совместно с институтами-соисполнителями Стратегию развития энергетической базы сельского хозяйства до 2030г.

5. ГНУ ВИЭСХ, соисполнителям, организациям-исполнителям в регионах, отделам и секторам по электромеханизации в НИИ и учебных учреждениях обеспечить научное сопровождение разработки и реализации региональных программ энергообеспечения и энергосбережения с учетом состояния энергоснабжения местных условий, энергетического потенциала, включая мероприятия по их реализации.

6. Обратиться в Минсельхоз России с предложением о финансовой поддержке завершения наиболее значимых новых разработок на конкурсной основе по модернизации энергетической базы села и созданию систем и средств повышения энергоэффективности сельхозпроизводства, реализация которых обеспечит снижение энергозатрат и даст существенную экономию топливно-энергетических ресурсов.

7. Совместно с Минсельхозом России разработать предложения по механизму предоставления льгот государственной поддержки работ по использованию местных, возобновляемых энергоресурсов, биомассы и отходов сельхозпроизводства в энергетике села.

8. Подготовить проект совместной программы по использованию местных энергоресурсов и возобновляемых энергоресурсов для Союзного государства России и Беларуси.

9. Разработать нормативную документацию, устанавливающую и регламентирующую требования к производству биотоплива, его качеству и условиям применения в сельском хозяйстве.

10. ГНУ ВИЭСХ проработать вопрос о проведении в 2013 г. при финансовой поддержке Минсельхоза России научно-технической конференции «Биоэнергетика и нетрадиционные источники энергии в сельском хозяйстве».

11. Обосновать необходимость снижения тарифов на энергоносители, используемые для производства сельхозпродукции, и совместно с Минсельхозом России обратиться в Правительство Российской Федерации по данному вопросу.

12. Считать целесообразным разработать и утвердить механизм установления равноправных договорных отношений, сочетающих интересы производителей энергии, энергоснабжающих организаций и сельских ее потребителей, исключающий ценовой диктат энергоснабжающих организаций по отношению к сельскому потребителю.

13. Рекомендовать Редакциям научно-технических и отраслевых журналов, ФГНУ «Росинформагротех», организаторам выставок шире освещать вопросы энергообеспечения, энергоэффективности сельхозпроизводства и энергосбережения в АПК с демонстрацией новых идей и разработок с указанием электронного адреса организаций-разработчиков и авторов.

14. Подготовить новое издание и разослать в регионы каталоги инновационных проектов и новых разработок, имеющих практическую значимость, обеспечивающих экономию топливно-энергетических ресурсов и повышающих энергоэффективность сельхозпроизводства, для реализации на местах.

15. Просить руководителей научных школ и государственных агроинженерных университетов ускорить разработку и издание учебных пособий и программ, монографий, методик и рекомендаций по энергосбережению, электротехнологиям, инфокоммуникационным и энергетическим технологиям для АПК, включая основы надежного энергообеспечения, возобновляемой энергетики, энергетического использования биомассы и отходов и т.д.

16. В целях улучшения и углубления системы подготовки высококвалифицированных кадров по энергообеспечению сельского хозяйства рекомендовать образовательным учреждениям и их энергетическим подразделениям расширить учебные программы по этому направлению с обеспечением их учебными пособиями, методиками, рекомендациями, углубить интеграцию с НИИ посредством организации совместных кафедр, курсов подготовки студентов и инженеров для поступления в аспирантуру, а также расширения производственной практики студентов с целью их быстрой инженерной адаптации в энергетических службах села.

17. Считать полезным и важным состоявшийся обмен научно-технической информацией с обсуждением полученных результатов и выбора путей реализации новых идей в области создания энергоэффективных технологий, энергообеспечения и энергосбережения, а саму проблему энергетического обеспечения АПК считать, безусловно, актуальной, требующей ускоренного ее решения в научном и практическом плане.

18. Провести 9-ю Международную научно-техническую конференцию «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве» в мае 2014 года».

УДК 621.31(091)(092)

К 140-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ОСНОВОПОЛОЖНИКА ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ РОССИИ, ПРЕДСЕДАТЕЛЯ КОМИССИИ ГОЭЛРО Г.М. КРЖИЖАНОВСКОГО

Академик-секретарь Отделения механизации, электрификации и автоматизации Россельхозакадемии, член-корр. Россельхозакадемии И.В. Горбачев

Будущий государственный и партийный деятель, выдающийся ученый-энергетик, академик и вице-президент АН СССР, литератор, Герой Социалистического труда, член ЦИК СССР 1–7 созывов, депутат Верховного Совета СССР первого созыва, член ЦК ВКП(б) 1903–1905 и 1924–1939 гг. Глеб Максимилианович Кржижановский родился 12 января 1872 года в Самаре у оренбурженки Эльвиры Розенберг. В Самаре он родился потому, что отец роженицы – богатый оренбуржский немец – выгнал свою дочь из дома, когда узнал, что она беременна от Максимилиана Кржижановского – сына ссыльного поляка. Для почтенного семейства Розенбергов это был позор на весь Оренбург. Денег молодым влюбленным хватило лишь на билет до Самары, здесь их на Николаевской (ныне Чапаевской) улице бесплатно приютила незнакомая им семья Васильевых.

Было придумано хитрое решение – как дать Глебу, родившемуся в гражданском браке, имя и отчество отца. Максимилиан стал крестным для своего сына, а это являлось законным основанием дать ему отцовские отчество и фамилию.

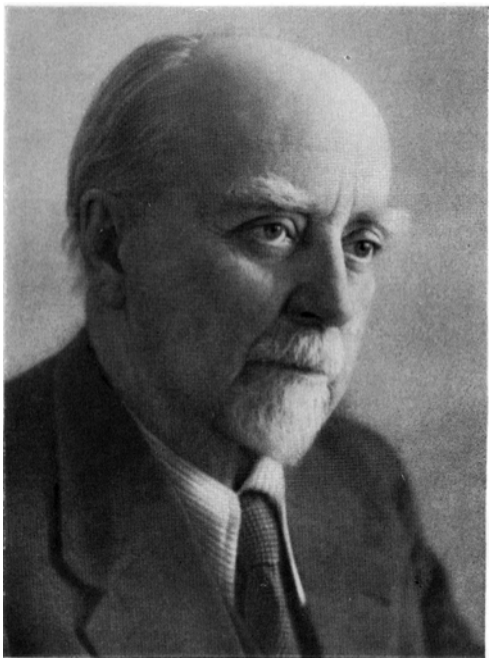
Отец Глеба умер от скоротечной чахотки, когда мальчику было около 5 лет, и матери пришлось думать о том, как обеспечивать сыну и его младшей сестре Тоне кусок хлеба. Оренбургский дед не принял дочь, опорочившую честь семьи, но, сжалившись, дал денег, которых хватило, чтобы купить маленький домик на окраине Самары. Часть домика сдавалась за плату сельским ребятам, приезжавшим в город на время учебы. Это и позволило как-то кормиться.

В 8 лет Глеб поступил в начальное городское училище. Природные способности и понимание, что в жизни ему не на кого рассчитывать, кроме себя, помогли Глебу окончить курс начального обучения лучшим учеником. Это дало незаконнорожденному мальчику из бедной семьи право продолжить образование и бесплатно учиться в Самарском реальном училище имени Александра I Благословенного (ул. Казанская, ныне Алексея Толстого, 31). В этом только что открытом училище были хорошие педагоги и прекрасные условия для постижения наук.

С 13 лет круглый отличник Кржижановский вынужден был давать платные уроки, помогая матери прокормить семью.

Летом семья выезжала на пароходе на отдых в Большую Царевщину. Там Глеб подружился с деревенскими ребятами, рыбачил и охотился с ними. В окружении прекрасных волжских пейзажей Царевщины романтичный и взрослеющий юноша начал писать стихи о красоте природы и служению Родине. Вернувшись, он прочел свои патриотические стихи друзьям, те рассказали директору училища, и вот уже «реалист» Кржижановский становится популярным городским поэтом, которого даже губернатор приглашал к себе в дом.

В 1889 году 17-летний Глеб поехал искать счастья в Санкт-Петербург и, набрав максимальные 25 баллов из 25 возможных, поступил в Технологический институт, чтобы учиться на инженера-химика. Благодаря своим способностям он вновь заслужил право учиться бесплатно и блестяще окончил институт. Ему предлагали остаться работать в альма-матер, но в то время он уже



Г.М. Кржижановский (1872–1959)

был глубоко увлечен революционными идеями и пропагандой марксизма среди рабочих. Осенью 1893 года в марксистском кружке Кржижановский познакомился с еще одним волжанином – Владимиром Ульяновым, и они стали друзьями-соратниками на всю жизнь.

В декабре 1895 г. Ульянова, Кржижановского и остальных участников организованного ими «Союза борьбы за освобождение рабочего класса» арестовали и отправили в ссылку.

В ссылке Глеб Максимилианович много читал, ездил в гости к Ульянову в Шушенское и обвенчался со своей давней подругой по марксистской борьбе Зинаидой Невзоровой. Ее по «счастливому стечению обстоятельств» тоже арестовали и приговорили к ссылке, вот она и попросила, чтобы ее отправили в Сибирь к жениху. Выбор оказался удачным, это была любовь на всю жизнь. Однако детей у них не было.

В сибирской ссылке Кржижановский с нуля начал свою инженерную карьеру. Человека с дипломом инженера-химика взяли работать на железную дорогу. На благонадежность не особенно смотрели, так как вдали от цивилизации не хватало грамотных специалистов. За 3 месяца Глеб Максимилианович сделал карьеру от простого слесаря до помощника машиниста поезда, а еще через месяц стал начальником участка службы тяги станции Тайга Томской губернии.

После ссылки Кржижановский вместе с женой вернулись в Самару, и он вновь пошел работать на железную дорогу. 15 января 1902 года он был принят на работу помощником начальника 1-го участка тяги Самаро-Златоустовской дороги.

6 июня 1903 года Кржижановские уехали из Самары в Киев, а после подавления революционных волнений в 1905 году ему пришлось бежать в Петербург.

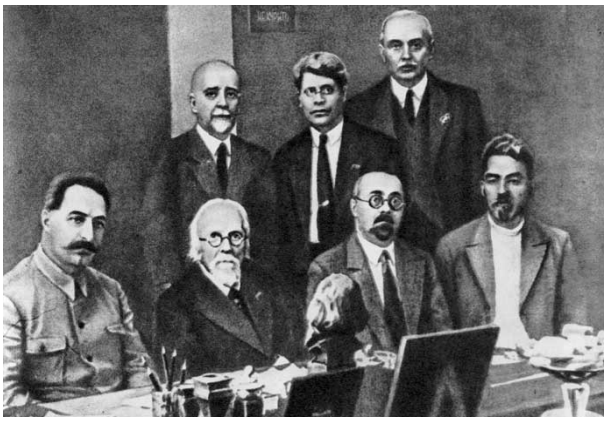
Старый друг по революционной деятельности и товарищ по обучению в Технологическом институте Леонид Красин устроил Кржижановского в «Общество электрического освещения 1886 года», где сам работал заведующим кабельной сетью компании в Санкт-Петербурге. «Общество» было российским филиалом германской империи Карла Сименса и владело электрическими станциями в Российской империи. Благонадежность работников немецких акционеров не интересовала, а проблемы с российской властью решались просто – в компании существовал специальный «откупной фонд».

В 34 года Кржижановскому опять пришлось начинать все заново. Он был принят на работу простым электриком-монтером. Но будущий академик много читал, быстро обучался и глубоко погружался в вопросы, которые решала развивающаяся энергетическая отрасль. Возможно, разочаровавшись в революционной работе, он решил улучшать жизнь страны при помощи все более широкого использования в быту и на производстве силы электрической энергии. Успехи Кржижановского были настолько очевидны, что всего через два года начальство решило сделать его заведующим московской кабельной сетью и поставило перед ним задачу соединить единой сетью разрозненные электростанции Москвы. В 1912 году Кржижановский был назначен директором-распределителем строительства новой станции на торфяном топливе, названной «Электропередача». В 1914 году станция дала первый ток, а в 1915 была синхронизирована с электростанцией на Раушской набережной. Так инженер-химик стал одним из главных создателей единой энергосистемы Москвы.

На заседании Комиссии ГОЭЛРО

Начало Первой мировой войны неожиданным образом помогло сделать большевику Кржижановскому очередной карьерный скачок. Война велась с Германией, и руководство Российской империи повсеместно изгоняло германских управленцев и предпринимателей как лиц неблагонадежных, возможных шпионов и вредителей. Произошло так и в «Обществе электрического освещения». Вместо потенциальных директоров-шпионов при поддержке царского правительства и жандармерии политически неблагонадежный Кржижановский стал коммерческим директором Московского отделения крупнейшей Российской энергетической компании. Внезапно ученый-революционер оказался у руля одного из главных стратегических предприятий Москвы.

Произошедшая вскоре октябрьская революция 1917 года сделала Глеба Максимилиановича автором другого новаторства. Задолго до Анатолия Чубайса Кржижановский понял, какой властью обладают те, кто может контролировать



На совещании по вопросам использования достижений науки в народном хозяйстве СССР

энергоснабжение. Во время штурма большевиками Кремля Кржижановский, сочувствующий большевикам, отключил обороняющимся юнкерским частям подачу электрической энергии.

Гражданская война разрушила экономику России. Помимо дефицита продовольствия страну душил и топливный голод. Без топлива стояли фабрики и замерзали люди. Одной из серьезнейших причин топливного дефицита были перебои с поставками бакинской нефти и донецкого угля в центральные районы России. Пытаясь найти выход из создавшейся ситуации, в 1919 году Ленин обратился к энергетикам и поручил Кржижановскому возглавить разработку плана ГОЭЛРО (государственного плана электрификации России). Он представлял собой научно обоснованный комплекс мероприятий по восстановлению и развитию экономики страны на основе электрификации, включая сельское хозяйство. Суть плана была в создании системы крупных электростанций на местных видах топлива, которые могли бы по линиям высокого напряжения снабжать энергией все предприятия на 100-150 верст вокруг себя. Торф, уголь, горючие сланцы, энергия воды – использование местных ресурсов для выработки энергии избавляло бы от необходимости перевозить топливо через всю страну. План ГОЭЛРО по сути не только должен был развить энергетику страны, но и полностью перестраивал экономику, переводя ее с использования пара на использование электричества. Именно рывок в увеличении производства и использовании электрической энергии должен был обеспечить выживание и скорейшее развитие страны. Именно это позже и было достигнуто в СССР после реализации плана ГОЭЛРО.

Огромная заслуга Кржижановского не только в том, что он являлся одним из авторов идей плана ГОЭЛРО. Не менее важно, что он смог вовлечь в работу по выработке программы электрификации России лучших и самых грамотных специалистов. В силу своего происхождения и предыдущего опыта жизни эти люди вряд ли могли сочувствовать большевикам и их идеям строительства коммунистического общества. Однако Кржижановскому удалось увлечь людей идеей осуществления одного из крупнейших в истории человечества инженерных проектов – идеей электрификации страны. В окружении В.И. Ленина это был единственный человек, способный решить эту крайне важную для страны задачу.

Работы велись максимально быстрыми темпами, и уже 22 декабря 1920 года на VIII Всероссийском съезде Советов депутатам был роздан том плана объемом в 672 страницы. Доклад-представление ГОЭЛРО делал депутатам съезда лично Ленин. На следующий день Кржижановский около трех часов разъяснял делегатам съезда суть программы и плюсы, которые получат от ее реализации каждый житель страны, ее сельское хозяйство, промышленность.

Во время доклада Кржижановского позади него на карте плана ГОЭЛРО зажигались электрическими огнями новые станции, которые только предстояло построить. Огни карты символизировали свет новых возможностей для промышленности и бытового уюта, который несло развитие энергетики, организуемое при непосредственном участии Г.М. Кржижановского. Пожалуй, это был высший момент в его карьере. После обнародования плана ГОЭЛРО он стал самым известным инженером-энергетиком во всем мире. Его работу анализировали энергетики всех крупных энергетических компаний.

Интересно, что в ходе разработки плана ГОЭЛРО бывшие жители Самары Ленин и Кржижановский не забыли о своем городе. В 1919 году Ленин даже отправлял Кржижановского в Самару, чтобы ознакомиться с разработками нескольких проектов ГЭС, сделанных городскими инженерами, и оценить реальность скорейшего строительства Жигулевской ГЭС.

Посетив родной город, Глеб Максимилианович вынужден был сообщить В.И. Ленину – главе ВСНХ (Всероссийского Совета Народного хозяйства), что станция в Жигулях – это дело будущего. Впрочем, одну ГЭС по протекции Кржижановского в этом регионе все же построили. Это была маленькая Сызранская ГЭС, которая была включена в план ГОЭЛРО дополнительным списком после того, как сызранцы попросили об этом лично Глеба Максимилиановича. Станция работает до сих пор и сохранилась практически в первозданном виде.

После триумфального завершения работы над планом электрификации России Ленин перебросил Кржижановского на создание Госплана, и самарский уроженец изобретал знаменитую пятилетку. Не расстался он окончательно и с энергетикой: открывал Каширскую электростанцию, получал приветственные телеграммы с пуска других электростанций, построенных по плану ГОЭЛРО, был председателем Энергоцентра, членом Технического совета Днепростроя, а с 1931 по 1959 гг. – бессменным директором Энергетического института АН СССР.

Кржижановскому повезло, и во времена правления Сталина соратник Ленина не был репрессирован, а лишь отстранен от вопросов большой политики и экономики. В 1939 году его сместили с поста вице-президента Академии наук, впервые с 1924 года не избрали членом ЦК, отменили присвоение его имени поселкам, электростанциям и институтам. В 1940, в год 20-летия плана ГОЭЛРО, его имя выбрасывали из всех юбилейных публикаций. Куйбышевская ГРЭС, кстати, тоже некоторое время носила имя Кржижановского. Возможно, она лишилась его, когда Глеб Максимилианович стал опальным.

Тем не менее, старого друга Ильича не трогали. Работать Кржижановскому давали. Его институт занимался решением большого количества энергетических вопросов вплоть до проектов альтернативных способов добычи энергии, например с помощью ветра и атома.

В 1937 году Кржижановского выдвинули в депутаты Верховного Совета избиратели от Куйбышевского сельскохозяйственного округа. Он принял этот выбор неформально. Самарский уроженец рассказывал свою биографию в «Волжской коммуне» и приезжал в Большую Царевщину к избирателям.

Сохранились письма Глеба Максимилиановича к своим избирателям и письма о решении их проблем: улучшении оборудования школы в Царевщине, орошении земель Заволжья. Часто он рассказывал близким, что ему снится Волга.

В его квартире над кроватью рядом с фотографией матери висела групповая фотография выпускников Самарского реального училища, которую он хранил всю жизнь.

Каким же человеком был тот, кто во многом способствовал распространению в нашей жизни электрического света и бытовых приборов, питаемых электрической энергией?

Ответить на эти вопросы можно, вспомнив, что он писал стихи, вспомнив партийные псевдонимы Кржижановского, где среди прочих партийных кличек есть и псевдоним Лань, и псевдоним Клэр, который переводится с латыни как «светлый, ясный, прозрачный». Г.М. Кржижановский искренне верил в возможность построения коммунизма и необходимость революции, был энергичным, блестяще решал организационные задачи и умел при необходимости найти в себе силы, чтобы вновь начать дело с нуля, но он не был фанатиком или «черствым технарем».

На даче

Глеб Максимилианович любил путешествовать, читать и фотографировать. Сохранилась трость, которую он использовал как штатив для своего фотоаппарата. Ученый дружил с Козловским, и тот часто пел у него дома. Глеб Максимилианович был впечатлительным и сентиментальным человеком.

Умер Г.М. Кржижановский 31 марта 1959 года, и урна с его прахом была замурована в Кремлевской стене. В Самаре есть два напоминания о выдающемся ученом: табличка на здании бывшего реального училища на ул. Алексея Толстого и стелла на ул. Неверова недалеко от железнодорожного депо.

В Москве недалеко от метро «Новокузнецкая» существует музей-мемориальная квартира Кржижановского (ул. Садовническая, 30).

В память об этом выдающемся ученом-энергетике, академике и вице-президенте АН СССР, Герое Социалистического труда улицы в нескольких городах России носят его имя.

УДК 621.31.004.14

ЗАДАЧИ НАУЧНЫХ И ИНЖЕНЕРНЫХ ОБЩЕСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ ПО РАЗВИТИЮ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ

Д-р техн. наук, председатель Комитета ВИЭ РосСНИО П.П. Безруких (Институт Энергетической Стратегии, г. Москва)

Рассмотрено состояние возобновляемой энергетики России за период 2000-2010 годов и обоснована необходимость принятия неотложных мер по обеспечению ее поступательного развития. Акцентируется внимание научной и инженерной общественности на необходимость подготовки предложений для решения назревших проблем.

Ключевые слова: *возобновляемая энергетика, возобновляемые источники энергии, экологическая безопасность, энергетическая эффективность, государственная программа, управление.*

The article considers the state of renewable energy in Russia during the years 2000-2010, and the necessity of taking urgent steps to ensure its sustainable development. The special attention of scientific and engineering public is reminded to prepare proposals for the solution of pressing problems.

Keywords: *renewable energy, renewable energy, environment, energy efficiency, The State Program, management.*

Постановка задачи. Прежде всего, необходимо ответить на часто задаваемый вопрос**: зачем нужно развивать возобновляемую энергетику в России**, когда у нас нефти и газа хватит на добрую сотню лет? А там потомки что-нибудь придумают, или более того - изобретут чудесные технологии для своего энергообеспечения. Ожидание чуда или, как минимум, “прорывных” технологий пронизывает многие решения и программы наших властей.

В то же время как мы теряем позиции по освоению технологий мирового уровня во многих областях техники, но, к счастью, не во всех.

Итак, ответим вначале на часто задаваемый вопрос, указанный выше.

К выводу о том, что возобновляемая энергетика является одним из путей выхода из кризиса, зарубежные политики и экономисты пришли, по крайней мере, два десятка лет назад, выделяя огромные субсидии и осуществляя всевозможные меры стимулирования развития этой отрасли. Автор попытался сформулировать аргументы, а точнее - просуммировать мнения многих российских специалистов в пользу развития возобновляемой энергетики в России, не смотря на то, что наша страна является крупнейшим экспортером всех видов органического топлива.

К таковым относятся:

- возобновляемая энергетика (ВЭ) - это наиболее быстрый и дешевый способ решения проблем энергоснабжения (электроэнергия, тепло, топливо) **удаленных труднодоступных населенных пунктов**, не подключенных к сетям общего пользования, фактически речь идет о жизнеобеспечении 10-15 млн человек;
- сооружение энергетических установок возобновляемой энергетики **- наиболее быстрый и дешевый способ энергообеспечения** предприятий малого и среднего бизнеса, а это дополнительные рабочие места в деревнях и малых городах, где безработица - прямой путь к нищете;
- сооружение объектов возобновляемой энергетики **не требует больших единовременных капитальных вложений** и осуществляется за короткое время (1-3 года), в отличие от 5-10 летних периодов строительства объектов традиционной энергетики;
- крупные объекты возобновляемой энергетики - это сокращение **дефицита мощности и энергии в дефицитных энергосистемах**, т.е. устранение препятствий в развитии промышленности (о справедливости этого тезиса будет сказано ниже);
- развитие возобновляемой энергетики - это развитие **инновационных направлений в промышленности**, расширение **внутреннего спроса на изделия машиностроения**, а также расширение экспортных возможностей. Только на основе расширения внутреннего спроса возможно устойчивое развитие страны, как справедливо утверждают настоящие экономисты всех общественных формаций.

- в технологиях возобновляемой энергетики реализуются последние достижения **многих научных направлений**: метеорологии, аэродинамики, электроэнергетики, теплоэнергетики, генераторо- и турбостроения, микроэлектроники, силовой электроники, нанотехнологии, материаловедения, автоматики и т.д. В свою очередь развитие наукоемких технологий имеет **значительный социальный и макроэкономический эффект**, в виде создания дополнительных рабочих мест за счет расширения научной и производственной, строительной и эксплуатационной инфраструктуры;

- создание **возможности экспорта наукоемкого оборудования**;

- повышение **экологической безопасности** в локальных территориях, т.е. снижение вредных выбросов от электрических и тепловых установок, что особенно актуально для городов со сложной экологической обстановкой, мест массового отдыха населения, санаторно-курортных местностей и заповедных зон;

- **повышение энергетической безопасности субъектов РФ** за счет диверсификации их топливно-энергетического баланса;

- **отсутствие потенциальной опасности техногенной катастрофы** при любом виде разрушения энергоустановок на базе ВИЭ;

- **неисчерпаемость ресурсов ВИЭ**.

И, наконец, не последним аргументом в пользу развития возобновляемой энергетики является тот факт, что она успешно развивается в более чем 80 странах, среди которых есть богатые и бедные, развитые и развивающиеся, северные и южные, импортирующие и экспортирующие топливо. Во всех этих странах развитие возобновляемой энергетики является приоритетной государственной задачей.

И как один из результатов - высокие темпы развития фотоэнергетики и ветроэнергетики с 2006-2009 годов соответственно 45-50% и 25-30% к предыдущему году.

Таковы основные «за» развития возобновляемой энергетики.

Не лишним будет напомнить экологические преимущества электростанций на возобновляемых источниках энергии.

В табл. 1–3 приведены данные об удельных выбросах газов и загрязняющих веществ от тепловых электростанций США, Дании и России.

Между тем известно, что малые ГЭС, ВЭС, ФЭС и тепловые солнечные станции этих выбросов не имеют. Не представляет труда определить предотвращение вредных выбросов от электростанций на базе ВИЭ. **Например, ветроустановка, малая ГЭС, ФЭС, или солнечная станция с термодинамическим циклом, мощностью 1 МВт производит в год 1,5-2,0 млн кВт·ч энергии. Предотвращение эмиссии CO_2 по сравнению с другими электростанциями составит:**

- ТЭС на газе – 0,5-1,1 тыс. т;

- ТЭС на нефтепродуктах – 0,5-1,1 тыс. т;

- ТЭС на угле – 0,5-1,1 тыс. т.

Проблема воды для населения и промышленности становится все более острой. В этой связи сравнение безвозвратных удельных потерь на традиционных электростанциях и электростанциях на базе ВИЭ (табл. 4) говорит о неоспоримых преимуществах этого вида производства электроэнергии.

Таблица 1. Усредненные данные по удельной эмиссии газов от топливной энергетики США

Газ	Удельные значения при использовании топлива, г/кВт·ч			
	Уголь	Природный газ	Нефть	Среднее
Диоксид углерода (CO2)	967	468	708	690
Диоксид серы (SO2)	6,1	0,0032	3,1	3,63
Окислы азота (NOx)	3,45	0,82	0,95	2,22

Таблица 2. Данные по удельным выбросам от угольных станций Дании

Загрязняющее вещество	Удельные значения, г/кВт·ч
Диоксид углерода (CO2)	750-1250
Диоксид серы (SO2)	5-8
Окислы азота (NOx)	3-6
Шлак и летучая зола	40-70
Частицы	0,4-0,7

Таблица 3. Средние удельные значения вредных выбросов от топливных электростанций России

Загрязняющее вещество	Удельные значения при использовании топлива, г/кВт·ч		
	Нефть с 1% серы	Уголь с 1% серы	Природный газ
Диоксид углерода (CO2)	738	1142	547
Диоксид серы (SO2)	4,7	1,4	-
Окислы азота (NOx)	2,3	4,0	1,8
Зола и шлак	-	52	-
Летучая зола	-	0,33	-

Таблица 4. Безвозвратные удельные потери воды на топливных электростанциях США и на ВЭС

Электростанция	Расход воды, л/кВт·ч
АЭС	2,3
Угольная	1,9
На нефти и нефтепродуктах	1,6
Комбинированная газовая	0,95
Ветровая	0,004
Фотоэлектрическая	0,11

А как обстоят дела в России? Общее представление можно получить, рассмотрев табл. 5, составленную по данным отчетов Росстата за 2000-2010 гг. Мы видим, что производство электроэнергии с использованием ВИЭ осуществлялось на четырех видах электростанций: ВЭС, ГеоЭС, малых ГЭС и ТЭС с использованием биомассы.

В 2010 г. производство электроэнергии на этих электростанциях составило: на ВЭС – 4,2 млн кВт·ч, ГеоЭС – 475 млн кВт·ч, малых ГЭС – 2846 млн кВт·ч и ТЭС с использованием биомассы 2995 млн кВт·ч, всего 6320,1 млн кВт·ч. От общего производства электроэнергии в России доля суммарной выработки составляет 0,62%.

Как видим, за 10 лет развитие практически отсутствует (теряем время). Ветроэнергетика России находится в особенно неудовлетворительном состоянии. В крайне неудовлетворительном состоянии находится статистический учет: фактически не охвачены многие малые ГЭС и электростанции на биомассе, отсутствует статистика производства тепловой энергии на базе биомассы, отходов, использования низкопотенциального тепла.

Итак, возобновляемая энергетика России держится усилиями энтузиастов различного уровня: от индивидуальных предпринимателей до руководителей субъектов РФ. Но нельзя сказать, что на уровне управления государством ничего не делается, но беда в том, что все попытки носят разрозненный характер, работы вдруг останавливаются на полдороги, нет **настоящей координации работ и практически отсутствует научная проработка выпускаемых законов и подзаконных актов**.

В подтверждение сказанного рассмотрим состояние в трех областях: программы, стратегия, руководство отраслью.

Таблица 5. Выработка электрической энергии в России на базе возобновляемых источников энергии в 2000-2010 гг., включая малые ГЭС, млн кВт·ч

Показатель	Год										
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
1. Ветростанции	2,917	4,12	6,645	8,832	14,075	9,63	8,383	6,623	5,235	3,942	4,186
2. Геотермальные электростанции	58,2	91,2	149,1	313,1	395,1	396,4	462,6	484,7	464,6	464,0	474,9
3. Малые ГЭС	2672,7	2541,9	2421,9	2422,2	2748,8	2777,1	2548,4	2715,5	2867,7	3318,3	2846,0

Окончание табл. 5

Показатель	Год										
	2000	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**	**2010**
4. Тепловые электростанции на биомассе	1816,9	2151,0	2444,1	2618,6	2824,1	2709,1	2910,0	2820,7	3122,7	2964,7	2995,0
ИТОГО:	**4550,7**	**4788,2**	**5021,7**	**5362,7**	**5982,1**	**5892,2**	**5929,4**	**6027,5**	**6460,2**	**6750,9**	**6320,1**
Производство электроэнергии на электростанциях России	877800	891300	891300	916300	931900	953100	931381	1008256	1040400	990000	1025394
Доля возобновляемых источников энергии, %	0,52	0,54	0,56	0,59	0,64	0,62	0,64	0,60	0,62	0,68	0,62

Источник: Годовые отчеты о технико-экономических показателях и расходе условного топлива на электростанциях России, за 2000-2008 годы, Госкомстат России.

О программах, содержащих вопросы развития возобновляемой энергетики.

Основных программ три:

- Государственная программа «Энергоэффективность и развитие энергетики» (проект). Ответственный исполнитель: Минэнерго России. Соисполнители: Минфин России, Минэкономразвития России, Минпромторг России;

- Программа развития биотехнологий в Российской Федерации на период до 2020 г. (проект). Координатор программы: Минэкономразвития России;

- ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-промышленного комплекса России на 2007-2013 гг. (в ред. Постановления Правительства РФ от 06.04.2011 г. №253).

Государственный заказчик-координатор Минобрнауки России.

Проект Государственной программы «Энергоэффективность и развитие энергетики» (ЭЭРЭ-2020) (см. схему) содержит шесть отраслевых программ, одна из **которых (№6) называется «Развитие использования ВИЭ».** Подпрограмма состоит из трех разделов, называемых «Основные мероприятия».

Основные мероприятия 6.1. «Реализация типовых проектов повышения региональной энергетической и экологической эффективности и безопасности на основе комплексного использования ВИЭ и местных видов топлива».

Предусматривается реализация типовых проектов двух видов:

- *территориальный проект* повышения энергетической и экологической эффективности и безопасности путем комплексной энергоснабжения с использованием ВИЭ и местных видов топлива;

- *проект модернизации* коммунального хозяйства муниципальных образований на основе использования местных ресурсов биомассы, в т.ч. использования отходов лесопользования и лесозаготовок.

Основные мероприятия 6.2. «Реализация проектов создания технологической платформы использования ВИЭ с целью повышения экономической эффективности производства электрической и тепловой энергии на основе использования ВИЭ».

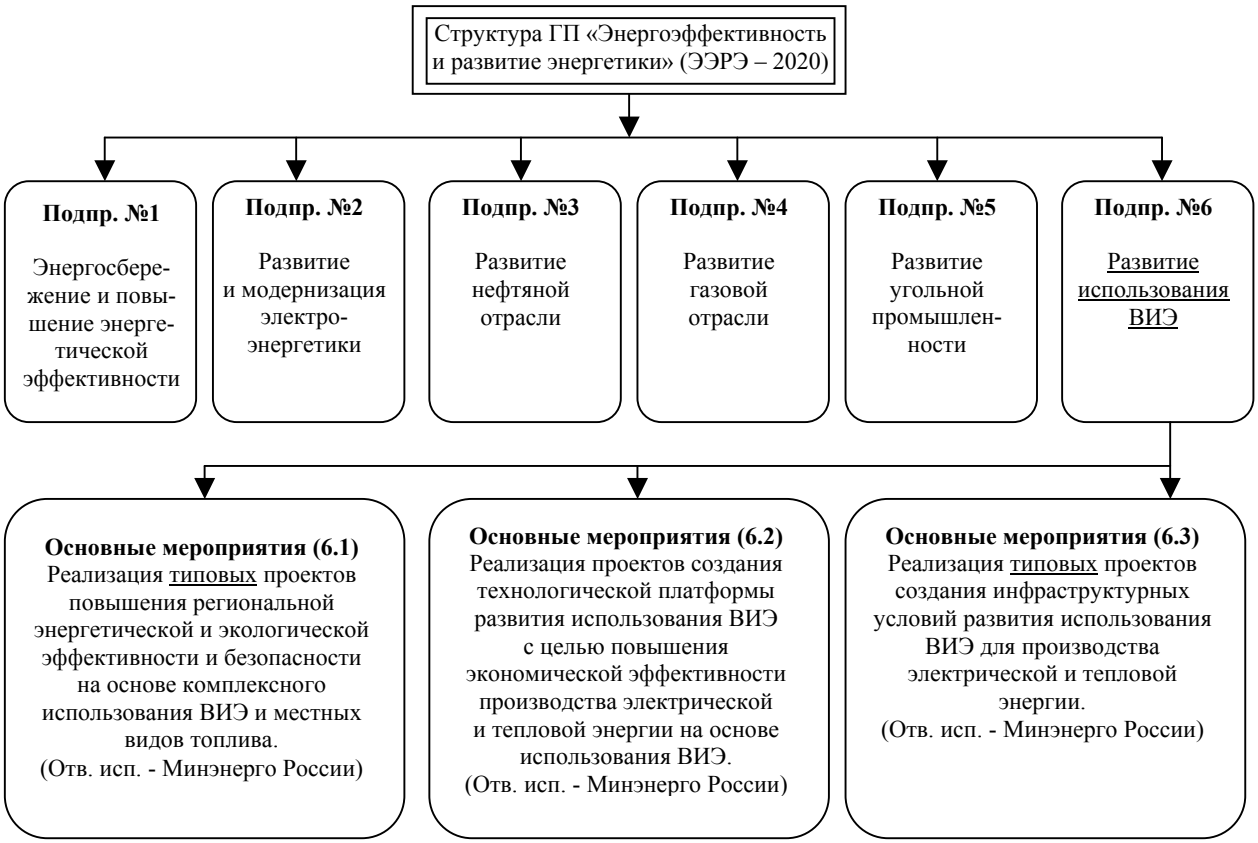
Реализация указанных типовых проектов будет осуществлена путем сооружения генерирующих объектов на основе использования инновационных технологий использования ВИЭ с целью повышения конкурентоспособности, отработки технологий и оборудования, демонстрации и распространения опыта.

Основные мероприятия 6.3. «Реализация типовых проектов создания инфраструктурных условий развития использования ВИЭ для производства электрической и тепловой энергии.

Предусматривается:

- создание производственной базы для промышленного внедрения оборудования , использующего ВИЭ и его компонент;

- создание и развитие информационного сектора поддержки использования ВИЭ, включая создание экспертно-консалтинговой сети;



Структура ГП «Энергоэффективность и развитие энергетики» (ЭЭРЭ – 2020)

- разработка нормативно-технической и методической документации по проектированию, строительству и эксплуатации генерирующих объектов, функционирующих на основе использования ВИЭ;

- создание рынка энергетических услуг на основе использования ВИЭ.

Вроде бы не такая плохая программа, есть даже упоминание о тепловой энергии. Но возникает много вопросов, которые должны быть обсуждены с научно-технической общественностью, а заодно и выяснить серьезность намерений составителей программы. Вопросы эти разного плана и не все рассмотрены по степени весомости:

- когда ожидается утверждение Программы;

- каковы объемы финансирования из федерального бюджета;

- какова схема финансирования работ;

- кто может быть бюджетополучателем, а так же собственником объектов, сооружаемых с участием федерального бюджета;

- индикатор ввода электрической мощности указан в (%), а должен быть указан в МВт;

- отсутствует индикатор ввода тепловой мощности и производства тепловой энергии;

- по основному мероприятию 6.1. требуется расшифровка понятия **«типовые проекты»** применительно к указанной области, поскольку понятие «типовой проект» в энергетике для данной области явно не подходит;

- по этому же направлению: проекты коммунального хозяйства могут и должны основываться не только на **использовании *биомассы***, как сказано в программе**, *но и содержать теплонаносные, солнечные и геотермальные* системы отопления и горячего водоснабжения;**

- по основным мероприятиям 6.2. технологическая платформа **«Перспективные технологии возобновляемой энергетики» разработка, которой поручена ОАО** «РусГидро» фактически «зависла».

Следует иметь в виду, что в технике и технологиях перескакивать через этапы развития, не имея опыта эксплуатации, чревато провалами.

Фактически в России база для внедрения инновационных технологий имеется в фотоэнергетике, геотермальной энергетике и малых ГЭС. В остальных областях нужно осваивать существующей мировой уровень через трансферт технологий и с этой базы переходить на инновационные технологии;

- по основным мероприятиям 6.3. необходимо срочно готовить предложения по составу и содержанию нормативно-технической документации по всем направлениям;

- следует иметь в виду, что развитие производственной базы на первом этапе возможно под конкретные заказы внутреннего рынка с соответствующими гарантиями федеральных и региональных властей. Попытки и стремление создавать производство под зарубежные поставки чреваты большими рисками;

- поскольку в России есть примеры сооружения конкурентоспособных установок практически по все видам ВИЭ за исключением ВЭС, необходимо незамедлительно приступить к изданию серии брошюр под общим названием «Примеры использования ВИЭ».

Судя по задачам **«Основные мероприятия 6.2.»** программы « ЭЭРЭ-2020», технологическая платформа «Перспективные технологии возобновляемой энергетики» является как бы средством конкретизации и реализации «Программы». Оба документа не утверждены и дельнейшая их судьба неизвестна.

Технологическая платформа «Малая распределенная энергетика», утвержденная 18 ноября 2010 г. существует как бы вне рамок федеральной программы, но содержит среди основных технических направлений «комплексные локальные энергосистемы, модульные компоненты, комбинирующие генерацию различных видов, в т.ч. ВИЭ «с задачей использования увеличения потенциала ВИЭ до 50-70% по выработке энергии». Составители вряд ли смогут объяснить, что означают данные проценты.

Проект программы развития биотехнологий в РФ на период до 2020 г. (БИО-2020) содержит девять подпрограмм, в т.ч. подпрограмму «Биоэнергетика» с задачами:

- «обеспечение значительного роста объемов производства электростанции и тепла за счет массового внедрения современных биоэнергетических установок»;

- создание организационных и правовых основ для формирования новых рынков биотехнологической продукции, прежде всего в промышленной биотехнологии и производстве топлива.

Имеются и целевые показатели, а некоторые из них вызывают просто улыбку: так, единицы измерения производства электрической и тепловой энергии выражены не в кВт·ч и Гкал, а в млрд руб.

Технологическая платформа «Биоэнергетика», утвержденная 19 ноября 2010 г., содержит технические направления, охватывающие существующие и перспективные технологии.

По третьей программе осуществляется финансирование отдельных проектов по ВИЭ, что следует признать отрадным фактом.

Об управлении развитием возобновляемой энергетики России. На первом уровне развития возобновляемой энергетики России в основном задействованы профильные министерства: Минэкономразвития России, Минфин России, Минэнерго России, Минприроды России, Минсельхоз России, Минрегион России, Минобрнауки России, а также комитет по энергетике ГД СФ РФ. В этих условиях было бы целесообразно организовать Высший координационный Совет во главе с первым заместителем Председателя Правительства РФ, а аппарате Правительства РФ создать департамент с единственной задачей - обеспечение достижения целей России в области возобновляемой энергетики.

Второй уровень управления условно охватывает государственные акционерные предприятия типа: Российское Энергетическое Агенство (РЭА), ОАО «РусГидро», Агентство по прогнозированию балансов в энергетике (АПБЭ), НП «Совет рынка», ОАО «ФСК РФ», ОАО «Холдинг МРСК», Комитеты по энергетике РСПП и ТПП, Фонд содействия малых форм предприятий в НТС и др.

На этом уровне целесообразно было бы иметь Координационный и Экспертный советы, обеспечивающие рассмотрение и экспертизу программ, проектов и нормативно-правовых документов.

На третьем уровне управления условно находится общественные организации, ассоциации, секции по ВИЭ НТС различных организаций, обеспечивающие общественное обсуждение всех вопросов, касающихся возобновляемой энергетики России. Целесообразно, видимо, рассматривать вопрос о создании Ассоциации возобновляемой энергетики России.

Основные выводы и предложения. Для рассмотрения научно-технической общественностью выносятся следующие предложения.

1. В связи с тем, что:

- федеральный закон №35-ФЗ «Об электроэнергетике» в части возобновляемой энергетики не исполняется уже более 4-х лет со дня его принятия;

- цели по достижению доли ВИЭ в производстве электрической энергии в 1,5% к 2015 г. и 4,5% к 2020 г. от общего производства электроэнергии, установленные распоряжением Правительства от 8 января 2009 г. № 1-р, недостижимы;

- цели государства по производству тепловой энергии и биотопливу на базе ВИЭ не установлены.

а) Законодательная база и стратегия развития возобновляемой энергетики нуждаются в полном пересмотре и необходимо разработать отдельный законопроект с условным названием «О возобновляемой энергетике».

б) Установить государственные цели по производству электрической энергии на базе ВИЭ в объеме порядка (экспертная оценка):

2015 г. – 20-25 млрд кВт·ч;

2020 г. - 55-60 млрд кВт·ч,

и соответственно ввод общей установленной электрической мощности:

2015 г. – 6-8 ГВт;

2020 г. – 12-16 ГВт.

в) Установить государственные цели по производству тепловой энергии на базе ВИЭ в объеме порядка (экспертная оценка):

2015 г. – 45-50 млн Гкал ;

2020 г. – 90-100 млн Гкал,

и соответственно ввод общей установленной тепловой мощности:

2015 г. – 10-12 ГВт (тепл.);

2020 г. – 20-25 ГВт (тепл.).

г) Установить государственные цели по производству жидкого, газообразного и твердого топлива на базе ВИЭ (необходимо определить базу, т.к. статистика полностью отсутствует).

2. В связи с тем, что:

- в области развития возобновляемой энергетики задействовано более 10 министерств и практически все субъекты РФ;

- в существующих условиях согласование государственных актов превращается в процедуру перекладывания ответственности. Образовать из представителей заинтересованных Министерств на уровне Заместителей Министров Высший Координационный Совет во главе с Первым Заместителем Председателя Правительства Российской Федерации.

А в аппарате Правительства РФ - группу по возобновляемой энергетике, в качестве рабочего аппарата Высшего Координационного Совета.

3. Образовать при Российском Энергетическом Агентстве Координационный и Экспертный Советы для координации работ на уровне Агентства, Ассоциаций и Акционерных обществ, для координации работ по программам и экспертизе проектов и программ.

4. Провести актуализацию программ «ЭЭРЭ-2020» и «Био2020» и утвердить их.

Обеспечить финансирование по программам в части возобновляемой энергетики в объеме не менее 10% от общего финансирования электроэнергетики и газовой промышленности.

5. Организовать статистический учет технико-экономических показателей работы установок и предприятий на базе ВИЭ, производящих электрическую и тепловую энергию независимо от принадлежности, мощностью 25 кВт и выше, а так же топлива.

6. В связи с тем, что при существующей системе проведения конкурсных торгов по НИР основную роль играет снижение цены лота и недобросовестные, непрофессиональные исполнители снижают цены до уровня, за которую профессионалы не берутся выполнять работы, необходимо ввести в Федеральный закон Российской Федерации от 21 июля 2005 г. № 94-ФЗ «О размещении заказов на поставки товаров, выполнение работ, оказание услуг для государственных и муниципальных нужд», изменения, касающиеся установления системы оценок конкурсных заявок. При этом весовой коэффициент «цена проекта» не должен быть выше коэффициента «оценка профессионального уровня заявителя».

7. В целях обеспечения экологически приемлемых условий проживания сельского населения принять Постановление Правительства РФ, обязывающее в составе проектов вновь строящихся птицефабрик и птицеводческих ферм предусматривать сооружение биоэнергетических установок в качестве средства утилизации отходов птицеводства и животноводства, а для действующих птицеводческих хозяйств, устанавливающее сроки сооружения таких установок.

8. Разработать и принять нормативный документ, устанавливающий учет в доходной части технико-экономического обоснования сооружения объектов возобновляемой энергетики стоимость предотвращения эмиссии парниковых газов по ценам, принятым в Европейском Союзе.

Литература

1. *Безруких П.П.* и др. Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России / Под ред. П.П. Безруких. – СПб: Наука, 2002. – 314 с.
2. *Елистратов В.В., Акентьева Е.М., Борисенко М.М., Кобышева Н.В., Сидоренко Г.И., Стадник В.В.* Климатические факторы возобновляемых источников энергии. СПб.: Наука, 2010. – 235 с.: ил.
3. *Безруких П.П., Безруких П.П. (мл.)* Ветроэнергетика. Вымыслы и факты. Ответы на 100 вопросов. М.: Институт устойчивого развития Общественной палаты РФ / Центр экологической политики России, 2011. - 74 с.
4. *Стребков Д.С., Безруких П.П.* Возобновляемая энергетика: стратегия, ресурсы, технологии. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2005. – 263 с.

УДК 631.1.004.18

НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ В АПК

Член-корр. Россельхозакадемии В.Ф. Федоренко
(ФГБНУ «Росинформагротех»)

Рассмотрены вопросы ресурсосбережения, развития и внедрения новейших технологий топливо- и энергосбережения в агропромышленном комплексе как определяющие условия конкурентоспособности отечественной продукции.

***Ключевые слова**: информационное обеспечение, экономика, ресурсосбережение, товаропроизводитель, технология, биоэнергетика*

The problems of resource-saving, development and implementation of new technologies of fuel and energy saving in the agro-industrial complex as the governing conditions of domestic products competitiveness are discussed.

***Keywords**: informational support, economics, resource-saving, commodity producer, technology, bioenergetics*

Практика и мировой опыт показали, что технологический фактор высокопроизводительного, ресурсосберегающего производства - наиболее эффективный ресурс роста экономики путем увеличения продуктивности растениеводства и животноводства, повышения качества продукции. Неиспользование этого ресурса ведет к большому недополучению продукции.

Агроландшафтные параметры почвенно-климатических зон России позволяют вести производство продукции растениеводства на уровне среднемировых показателей: урожайность зерновых культур - 30-33 ц/га, продуктивность коров - 5500 кг молока в год (при среднемноголетних, достигнутых в стране, соответственно 12-23 ц/га, 3000-4200 кг на корову). Фактические показатели продуктивности отечественного сельского хозяйства не превышают 50-60% от среднемировых, а потери из-за технологического несовершенства исчисляются многими миллиардами рублей.

В последние годы Россия в результате структурных сдвигов в экономике добилась значительного прогресса по темпам снижения энергоемкости валового внутреннего продукта (до 35%). В перспективе на первый план выдвигается технологическая экономия энергии, в отношении которой успехи России пока недостаточны. Высокая энергоемкость при росте тарифов на энергоносители затрудняет борьбу с инфляцией. Формирование энергоэффективного общества – это неотъемлемая составляющая развития экономики России по инновационному пути. Переход к энергоэффективному варианту должен быть совершен в ближайшие годы, иначе экономический рост будет сдерживаться из-за высоких цен и снижения доступности энергетических ресурсов.

Российская Федерация располагает одним из самых больших в мире технических потенциалов энергосбережения и повышения энергетической эффективности. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности следует рассматривать как один из основных источников будущего экономического роста.

Решение проблемы энергосбережения и повышения энергетической эффективности носит долгосрочный характер, что обусловлено необходимостью как изменения системы отношений на рынках энергоносителей, так и замены и модернизации значительной части производственной, инженерной и социальной инфраструктуры и ее развития на новой технологической базе.

Ограниченность производственных ресурсов актуализирует проблему ресурсосбережения на всех стадиях агропромышленного производства. Сельскохозяйственные товаропроизводители используют разнообразные виды ресурсов - природные, трудовые, материальные, энергетические и др. Расточительное потребление их негативно сказывается на устойчивости функционирования отраслей АПК и на социально-экономическом положении в стране в целом.

По сравнению с развитыми зарубежными странами затраты ресурсов по многим видам продукции в России намного выше, что отрицательно влияет на себестоимость продукции и конкурентоспособность сельскохозяйственных товаропроизводителей. По мнению ученых, высокие затраты технических и топливно-энергетических ресурсов в аграрном секторе - это объективные условия ведения производства: агроклиматический потенциал отечественного сельскохозяйственного производства в разы меньше, чем в США, Франции и ФРГ. В настоящее время,

когда Россия вступила в ВТО, конкуренция на рынках сельскохозяйственной продукции резко возрастает. Поэтому сокращение объемов нерационального использования ресурсов и доведение их до нормативных показателей является определяющим условием конкурентоспособности отечественных сельхозтоваропроизводителей.

Большое количество сельскохозяйственных товаропроизводителей продолжают применять ресурсоемкие технологические процессы и технику. Энергоемкость процессов в России при производстве зерна в 4 раза превышают средний мировой уровень, картофеля - в 2,5, молока - в 6,4 раза. Можно предположить, что главная причина этого заключается в сложном финансово-экономическом положении сельхозтоваропроизводителей, которое не позволяет им приобретать современную технику и внедрять ресурсосберегающие технологию, однако сдерживает развитие ресурсосберегающих процессов в системах АПК и другие организационные и экономические факторы.

Составными частями ресурсосбережения в АПК является экономика, технологии, техника. Закономерности развития систем ресурсосберегающего технологического уклада агропромышленной сферы характеризуются последовательным сочетанием прогрессивных технологических изменений в рамках альтернативных систем хозяйствования и имеют волновой характер динамики: зарождение базисных нововведений, синергетическое взаимодействие сложившихся укладов, качественный скачок в развитии и освоение и ресурсосберегающего потенциала.

В 2011 г. в соответствии с требованиями Правительства Российской Федерации Минсельхозом России продолжалась активная работа по повышению эффективности использования средств государственной поддержки сельского хозяйства и формирования результативной государственной аграрной политики.

В результате индекс производства продукции сельского хозяйства (в сопоставимых ценах) в 2011 г. составил 122,1% к уровню прошлого года, что на 18 процентных пунктов больше целевого показателя Государственной программы, в том числе по растениеводству – 147,2% (на 44,1 п.п.), по животноводству – 101,5% (ниже на 3,5 п.п.).

Увеличение производства продукции сельского хозяйства обусловлено главным образом расширением площадей и увеличением объемов внедрения ресурсосберегающих технологий.

Анализ тенденций развития сельского хозяйства, изучение инноваций, оценка направлений формирования технологических платформ и укладов прежде всего в машинно-технологическом обеспечении приоритетных подотраслей сельского хозяйства, позволяет констатировать, что разработчики новых технологий и техники многие годы стремились решать эти вопросы путем увеличения мощности, ширины захвата, скорости, грузоподъемности, совмещения операций и других механических новаций. Дальнейшие разработки в этом направлении требуют значительных затрат времени, а инвестиции в такую технологическую и техническую модернизацию не обеспечивают адекватного роста эффективности сельского хозяйства. Требуется реализация (внедрение) в производство принципиально новых подходов к ведению сельского хозяйства и его машинно-технологическому обеспечению.

Это в полной мере соответствует программным заявлениям В.В. Путина, который в статье «Нам нужна новая экономика» (30 января 2012 г.) пишет: «Нам нужна новая экономика с конкурентоспособной промышленностью и инфраструктурой, с развитой сферой услуг, с эффективным сельским хозяйством». Одним из эффективных и действенных инструментов решения этой стратегической для России задачи, является разработка инновационных технологий и техники для формирования машинно-технологической базы, которая обеспечит ускоренное развитие по созданию интеллектуального сельского хозяйства России.

В настоящее время мировой научный и интеллектуальный потенциал активно развивает и реализует в производство принципиально новые концепции и подходы: «Прецизионное земледелие», «Разумное земледелие» и «Интеллектуальное сельское хозяйство», базирующиеся на применении современных информационных технологий, автоматизированных систем контроля и управления технологическими процессами, роботов-манипуляторов, использовании глобальных систем позиционирования, позволяющие формировать «интеллектуальное сельское хозяйство» и решать актуальные задачи: внедрение высокоточных технологий, ресурсосбережение, повышение продуктивности полей и ферм, производительности труда, энергонасыщенности и энергообеспечения, технического уровня, качества и надежности техники; обеспечение экологической безопасности; создание комфортных и безопасных условий труда; широкое применение агроинформатики, электроники, позволяющих создать интеллектуальную сельскохозяйственную технику; создание гармонизированных машинно-тракторных агрегатов; разработку и освоение автоматизированных и роботизированных систем, применение альтернативных источников энергии, использование новых технологий тех-

нического обслуживания и ремонта; повышение профессионализма кадров.

В условиях нарастающего дефицита энергоносителей и существенного увеличения стоимости всех видов энергии исключительно актуальными во всем мире становятся мероприятия по экономии энергоресурсов путем внедрения новейших технологий топливо- и энергосбережения: солнечная энергетика, ветроэнергетика, биоэнергетика, газовое топливо.

С целью реализации Основных положений энергетической стратегии России на период до 2020 года (протокол заседания Правительства Российской Федерации от 23 ноября 2000 г. №39), а именно снижение энергоемкости отраслей экономики и устойчивого удовлетворения потребностей страны в энергоносителях, была разработана федеральная целевая программа «Энергоэффективная экономика на 2002-2005 годы и на перспективу до 2010 года». Целевая направленность программы была определена необходимостью решения задач, связанных с низкой энергоэффективностью экономики и как следствие с высокими издержками общества на свое энергообеспечение, необходимостью устойчивого энергоснабжения населения и экономики страны, снижения техногенной нагрузки ТЭК на окружающую среду, сохранения энергетической безопасности России.

Новой тенденцией развития российской и мировой энергетики является увеличение доли децентрализованного производства электрической и тепловой энергии экологически чистыми электростанциями. Эта тенденция объясняется, с одной стороны, изменением климата и необходимостью выполнения Киотского протокола по снижению выбросов парниковых газов, с другой - децентрализация поставок топлива и энергии увеличивает энергетическую безопасность регионов и страны в целом.

Востребованность децентрализованного (автономного) энергообеспечения и средств малой энергетики в сельском хозяйстве обосновывается следующими обстоятельствами:

- превышение спроса на энергию по сравнению с ростом ее генерации;
- резкое увеличение стоимости (тарифов) на энергоносители;
- снижение надежности энергоснабжения;
- значительное возрастание платы за подключение новой мощности;
- необходимость для многих сельскохозяйственных объектов иметь комплексное энергоснабжение - электрической и тепловой энергией;
- наличие во многих регионах и хозяйствах местного сырья для производства энергии.

Либерализация рынков электроэнергии предполагает подключение к энергосистеме многочисленных малых независимых производителей энергии.

Россия обладает неисчерпаемым, возобновляемым и слабо используемым сегодня энергетическим ресурсом - биомассой, образованной отходами сельскохозяйственного производства, лесопользования и торфом.

Особенность биоэнергетики в отличии от других видов возобновляемых источников энергии состоит в том, что она позволяет из различных видов биомассы и в первую очередь отходов растительного и животного происхождения наряду с топливом и энергией получать высокоэффективные органические вещества микробного происхождения, в растениеводстве – удобрения, в животноводстве и птицеводстве – кормовые дрожжи, белково-витаминные кормовые препараты.

Ежегодное производство отходов, генерируемых российским агропромышленным комплексом, составляет 773 млн т. В результате их переработки можно получить около 66 млрд $м^3$ биогаза и около 112 млн т высококачественных гранулированных удобрений.

По расчетам специалистов общий объем древесной биомассы, возможной к использованию в энергетических целях, составляет 560 млн $м^3$ в год (140 млн т в год). Переработка древесной биомассы гидролизной технологией позволит получать на местах не менее 2 млн т в год биоэтанола для экологически чистого смесевого бензина марки Е85.

Переработка лесосечных отходов и неделовой древесины малотоннажной мобильной ВТЪ2-технологией (биотопливо 2 поколения) позволит получать 9 млн т в год дизельного топлива.

Россия занимает лидирующие позиции в мире по запасам торфа. Общие запасы промышленного фонда торфа в России оцениваются в 29 млрд т (при влажности 40%).

Промышленное использование торфа в качестве энергоносителя реализовано только в единственной области (Кировской). Отсутствует промышленное применение глубоких технологий переработки торфа. Ежегодная добыча и использование с этой целью только 1% промышленного фонда торфа (0,3 млрд т в год 40% влажности) даст 30 млн т в год дизельного топлива для местного энергоснабжения.

Биомасса, формируемая на территориях поселений (бытовые и производственные отходы), образуется в количестве 150 млн т в год.

По мнению ученых, энергетические установки, использующие биомассу и отходы, могут

дать столько же энергии, сколько все атомные станции в России, и имеют почти нулевые выбросы диоксида углерода и серы, то есть являются экологически чистыми. Получение и использование биотоплива позволит пополнить энергобаланс сельских предприятий и регионов и в значительной мере снизить зависимость от закупок ископаемого топлива и электроэнергии.

Основное направление развития биоэнергетики в сельской местности, включая малую энергетику, это постепенный переход от энергетики, основанной на углеводородном топливе, к энергетике с широким использованием возобновляемых источников энергии, жидкое и газообразное биотопливо местных энергоресурсов, использование биомассы и отходов сельхозпроизводства.

Однако развитие технологий энергетического использования биоресурсов ведется в стране бессистемно и имеет очаговый характер.

В регионах Российской Федерации сегодня работает 9 биогазовых установок, 44 проекта находятся на стадии разработки и реализации.

В рамках Концепции развития биоэнергетики и биотехнологий в Белгородской области на 2009-2012 гг. ведется реализация проектов по строительству биогазовых станций. В феврале 2012 г. сдана в эксплуатациию биогазовая станция на площадке Стригуновского комплекса в с. Байцуры Борисовского района мощностью 500 кВт для утилизации животноводческих отходов.

В Прохоровском районе Белгородской области заканчивается строительство биогазовой станции свиноводческим холдингом «Агро-Белогорье». Биогазовая установка будет перерабатывать в год 26 тыс. т свиноводческих стоков и кукурузного силоса и более 14 тыс. т отходов мясного производства. Ее мощность составит 2,4 МВт, объем выработки электрической энергии – 19,6 млн кВтч, тепловой – 17,2 тыс. Гкал. Оборудование для установки поставляет немецкая фирма BD Agro. На реализацию этого проекта будет потрачено более 500 млн руб., установка должна себя окупить за 5,5 лет.

В августе 2011 г. Ландесбанк Берлин АГ (Landesbank Berlin AG, Германия) и Корпорация «БиоГазЭнергоСтрой» подписали соглашение о финансировании банком строительства биогазовых установок на территории России, Белоруссии и Украины, а также в странах Балтии и постсоветского пространства. Ландесбанк Берлин АГ заявил о принципиальной готовности финансировать биогазовые проекты на общую сумму до 750 млн евро предоставлением долгосрочных кредитов (до 18 лет по льготным германским ставкам) в течение двух лет с даты подписания соглашения.

В настоящее время в рамках международного проекта «Устойчивая европейская стратегия по внедрению биометана» осуществляется российско-германский проект «Сотрудничество биорегионов России и Германии». Цель проекта - создать необходимую научную основу для производства биоэнергии и строительства биоэнергетических установок в России. Задачи проекта исследование потенциала биоэнергии в Калужской, Орловской, Нижегородской областях и Республике Татарстан.

Анализ показывает, что на реализуемых проектах для производства биотоплива, как правило, используется зарубежное оборудование.

Впервые в Российской Федерации в проекте Государственной программы развития сельскохозяйственного производства на период 2013–2020 гг. планируется увеличение доли электрической энергии, производимой сельскохозяйственными товаропроизводителями с использованием возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в общем объеме потребления электроэнергии в сельском хозяйстве от 0,3% до 4,5% к 2020 году. Объем государственной финансовой поддержки на эти цели составит около 1 млрд 731 млн руб.

В соответствии с приказом Минсельхоза России от 13 апреля 2010 г. № 123 «О реализации постановления Правительства Российской Федерации от 4 апреля 2009 г. № 90» предусмотрено субсидирование части затрат по кредитам, полученных в российских кредитных организациях, на приобретение биогазовых установок российского и зарубежного производства, аналоги которых не производятся на территории Российской Федерации.

В рамках технологической платформы «Биоэнергетика» предусмотрены финансовые средства на НИОКР для разработки новой техники и технологий. Для реализации пилотных проектов по биоэнергетике предусмотрены государственные гарантии без залога собственности по кредитам до 150 млн руб.

В проекте программы, разработанной Минэнерго России, «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года» так же предусмотрены меры финансовой поддержки развития возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

Развитие биоэнергетических технологий позволяет решить ряд экономических, социальных и экологических проблем для сельскохозяйственных товаропроизводителей. К числу решаемых экономических проблем можно отнести:

- получение при переработке отходов технической воды, удобрений с высоким содержанием азотной и фосфорной составляющей;

- получение собственной электроэнергии и тепла;

- снижение финансовой нагрузки на сельхозпредприятия по оплате за утилизацию отходов в животноводстве и растениеводстве;

- отсутствие штрафов за нарушение экологических требований;

К социальным проблемам:

- снижение уровня безработицы, дополнительная организация до 500 тыс. рабочих мест;

- развитие малого бизнеса;

- повышение качества жизни населения.

- решение проблемы в получении доступного топлива и энергии: электрической и тепловой.

Решаемыми экологическими проблемами являются:

- утилизация отходов, исключающая окисление почв и использование сельскохозяйственных земель для хранения навоза;

- отсутствие загрязнений грунтовых вод и выбросов в атмосферу метана.

- снижение экологической напряженности в ряде городов, в зонах отдыха за счет снижения вредных выбросов от энергетических установок.

Проблемы, сдерживающие развития рынка биоэнергетики:

• отсутствие законодательной и нормативной базы по поддержке сельскохозяйственных товаропроизводителей по развитию малой энергетики и биоэнергетики;

• экономические барьеры, связанные с относительно высокой удельной стоимостью оборудования для технологий возобновляемой энергетики и длинными сроками окупаемости (7-10 лет). Отсутствуют экономические механизмы, стимулирующие внедрение технологий переработки отходов сельского и лесного хозяйства;

• низкий платежеспособный спрос и отсутствие программы развития биоэнергетики на основе применения новейших технологий переработки биомассы.

• отсутствие свободного доступа на рынок электроэнергии, недискриминационного льготного присоединения к электрическим сетям и регулирования энергетических тарифов и экологических налогов на выбросы и загрязнение окружающей среды;

• недостаток специалистов по биоэнергетике и ВИЭ для организации промышленных биоэнергетических производств и эксплуатации оборудования.

Биоэнергетика может стать частью внутреннего топливно-энергетического рынка, объединив интересы сельскохозяйственного производства и лесопромышленного комплекса с рядом отраслей промышленности.

Выводы и предложения

1. В целях решения вышеуказанных проблем целесообразно разработать и принять ведомственную целевую программу развития технологий биоэнергетики (ВЦП), которая позволит обеспечить:

- использование возобновляемых источников энергии и местных видов топлива для увеличения доли электрической энергии, производимой сельхозтоваропроизводителями с использованием ВИЭ в общем объеме потребления электроэнергии в сельском хозяйстве от 0,3 до 4,5%;

- условия для устойчивого развития территорий на основе переработки и воспроизводства биоэнергетических ресурсов;

- создание условий для экологической безопасности экономики и экологии человека;

- снижение дефицита электроэнергии для сельскохозяйственных товаропроизводителей за счет создания дополнительных локальных энергетических мощностей;

- создание эффективной системы утилизации отходов производства и потребления;

- повышение уровня жизни сельского населения и создание около 500 тыс. рабочих мест.

2. Внести изменения в Федеральный закон от 26 марта 2003 г. № 35 «Об электроэнергетике» в части стимулирования использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и развития биоэнергетики. При этом предусмотреть равенство прав производителей электроэнергии на промышленной основе с ее производителями на объектах малой энергетики с использованием возобновляемого сырья (биомассы) в вопросах сбыта излишков электроэнергии и доступа к электрическим сетям.

3. Увеличить подготовку кадров по биоэнергетике.

4. Рекомендовать региональным органам управления АПК включать в состав региональных программ объекты биоэнергетики по переработке отходов сельскохозяйственного производства.

5. В целях активизации работы в рамках частно-государственного партнерства по внедрению технологии биоэнергетики в сельскохозяйственное производство рассмотреть возможность создания Межведомственной рабочей группы с включением в ее состав представителей Минсельхоза России, Минэнерго России, ФГБУ РЭА, Минпромторга России, РАСХН и Минэкономразвития России.

УДК 631.171:65.011:56.001.5

СИСТЕМНОЕ РАЗВИТИЕ ИНФОРМАТИЗАЦИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Академик Россельхозакадемии Д.С. Стребков, канд. техн. наук И.М. Кузнецов, М.В. Макеев (ГНУ ВИЭСХ)

Производится анализ состояния и развития в сельском хозяйстве страны инфокоммуникационных систем и технологий. Подчеркивается важность проведения информатизации в сельскохозяйственном производстве как основы перехода его на инновационный путь развития. Выявлены причины медленного освоения информационных технологий и основные условия внедрения информатизации. Автор указывает на необходимость принятия отраслевой программы комплексных исследований и системного развития информационного обеспечения сельского хозяйства, что позволит решить задачу обеспечения информационными услугами пользователей. Приведен ожидаемый объем внедрения информационных систем в 2013-2020 гг.

Ключевые слова: *Информатизация, инновационный проект, инфокоммуникационные системы и технологии, исследование информационного обеспечения, методология совершенствования оперативного управления.*

The research tells us analysis of state and development of infocommunication system and technology country agriculture organization. Also it`s said the importance of using informatization in agricultural production as a basis for conversation to innovation way of development. Author have found reason why adopts slowly information technology and basic condition of computerization. They also point out the necessity of approval the industry program of comprehensive investigation and system development of informational support for agricultural organization witch allows to solve the task which supply users of informational services. It`s shown expected amount of adoption in information system during 2013-2020 years.

Key words: *Informatization, innovation project, infocommunication system and technology, research of information system, methodology of improving operating control.*

Стремительное развитие новых информационных и телекоммуникационных технологий приобретает сегодня в мире характер глобальной информационной революции, которая затрагивает все сферы жизнедеятельности общества – политику, экономику, управление, финансы, науку, культуру, международные отношения в целом [1].

Особенно эффективны инфокоммуникационные системы и технологии в крупных самодостаточных сельхозорганизациях при создании в них информационных систем оперативного управления (ИСОУ) и решении оптимизационных многофакторных задач управления экономикой и бизнесом. Количество таких задач может достигать 25–35, а показателей – нескольких сотен. Поэтому в сельхозорганизациях требуется организовать современные технологии обработки данных и локально-вычислительные системы (ЛВС) на основе конвергенции телефонных сетей общего пользования (ТфОП) и мобильной связи (МС), сетей передачи данных (СПД) традиционных и IP коммутации и программных приложений, обеспечивающих предоставление сельхозтоваропроизводителям современных информационных услуг для управления производственными процессами с использованием, например, оборудования производства компании АЛСиТЕК.

Поэтому важнейшей и неотложной задачей федеральных и региональных органов государственного управления сельскохозяйственным производством с участием отраслевых НИИ Россельхозакадемии является разработка и осуществление мероприятий по переводу сельскохозяйственного производства на инновационный путь развития, которое может быть обеспечено соответствующими управленческими структурами сельхозорганов и применением в сельхозорганизациях унифицированного автоматизированного информационно-технического комплекса (УАИТК), позволяющего использовать новые научные методы управления, компьютерные сети, инфокоммуникационные технологии (ИКТ) и экономико-математические модели (ЭММ) [2].

Участие научно-исследовательских институтов в этих мероприятиях обеспечит повышение интеллектуального уровня руководителей и специалистов сельхозорганизаций и ши-

рокое использование УАИТК, как важнейшего организационно-технического средства совершенствования механизма оздоровления экономики аграрного сектора страны на основе создания единой инфокоммуникационной инфраструктуры АПК.

По данным проф. Гольдштейна Б.С. (СПбГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича) доля реализации ИКТ в ВВП на этапе развития электронного общества в 2005-2015 гг. (е – бизнес, е – обучение, е – управление) должна составлять около 10 %, а доля реализации ИКТ в ВВП на новом витке развития человечества, получившем название всепроникающего U – общества ,– около 20 %.

Стратегическая перспектива развития инфокоммуникационных систем и технологий в сельском хозяйстве в обозримом будущем позволяет выделить их главную функцию в замещении или усилении умственного труда руководителей и специалистов сельхозорганизаций и сельхозорганов, что будет способствовать увеличению когнитивной и систематизированной информации, обеспечивающей использование новых технологий и знаний при принятии управленческих решений.

Проведенные ВИЭСХ исследования внедрения компьютерных технологий в 2007–2011 гг. показали, что их эффективность практически уже доказана для сельхозпредприятий, имеющих рентабельность в пределах 18–24%. Более того, руководители крупных сельхозпредприятий Краснодарского края, Московской, Ленинградской, Ростовской и других областей, производящих зерно с урожайностью 30–35 ц/га и молоко с удоем коров 7–8 тыс. литров в год, уже не мыслят организацию своей работы без компьютеров.

Исходя из многолетнего накопленного положительного опыта внедрения информационных систем в практику управления производством сельскохозяйственной продукции, были определены четыре составляющих ожидаемого экономического эффекта от их внедрения.

Первая – народнохозяйственная, это обеспечение возможности роста сельскохозяйственной продукции за счет модернизации материально-технической базы, резкого повышения производительности труда, применения современных биотехнологических приемов и др., эффективность которых будет постоянно возрастать при использовании компьютерных технологий.

Вторая – социальная, это предоставление сельским жителям широкого спектра услуг связи и информатизации, способствующих повышению качества их жизни на основе предоставления населению справочно-информационных услуг о рынках сбыта продукции, технологиях производства молока, картофеля, овощей и социально-значимых услуг в медицинской, образовательной и культурной сферах. Эти задачи с успехом могут быть решены в рамках создаваемой ИСОУ.

Активизация информационного общения сельского населения с различными районными службами позволит жителям, в особенности проживающих в удаленных деревнях, постепенно войти в нормальный ритм жизни и увеличить заработок.

Третья – корпоративная, это повышение деловой активности сельхозтоваропроизводителей и населения при объединении усилий с другими предприятиями и организациями, заинтересованными в росте объемов сельхозпродукции и входящих в единое информационное пространство.

Четвертая – политико-административная, связанная с нарастанием кризиса продовольственного рынка в мире и необходимостью достижения продовольственной безопасности страны, которая вынудит соответствующие федеральные ведомства и администрации ряда регионов принять необходимые меры по развитию информационных систем в сельскохозяйственном производстве, обеспечивающих доступ сельхозтоваропроизволителей к важнейшим информационным ресурсам и их переходу на новые инновационные технологии производства сельскохозяйственной продукции с комплексной механизацией и автоматизацией всех технологических операций на базе компьютеров, электронных датчиков и микропроцессоров.

Это дает основание для широкомасштабной работы по внедрению в сельское хозяйство и быт селян эффективных инновационных проектов по развитию информационной инфраструктуры, способствующей успешному выполнению государственной программы по развитию сельского хозяйства.

Однако в настоящее время этого не происходит.

Причин несколько, но главными из них являются:

- неподготовленность подавляющего большинства руководителей и специалистов сельхозпредприятий в области использования

научных методов управления производственными процессами с применением компьютеров и информационных технологий. Только около 15% сельхозпредприятий могут самостоятельно вести их разработку и внедрение. Лидером внедрения ИКТ является ЗАО “Племзавод «Ручьи»” Ленинградской обл., в котором используется более 50 компьютеров для анализа выполнения графиков работ, проведения расчетов технологий, оперативного планирования и др.;

- в отрасли «Сельское хозяйство» отсутствуют организационно-правовые документы о системном развитии инфокоммуникационных систем и технологий в сельскохозяйственном производстве и учебные пособия по изучению современных организационно-экономических основ компьютеризации сельхозпредприятий, фермерских хозяйств и обслуживающих предприятий, а также проектно-технологические институты, в результате чего внедрение информационных систем в сельхозпредприятиях в настоящее время проводится разрозненно, на низком уровне, никем не координируется и без наличия единых технико-экономических обоснований и проектно-технических решений их построения;

- отсутствие заинтересованности у специалистов большей части низкорентабельных сельхозпредприятий в повышении эффективности своей работы из-за несовершенства структуры управления, недостатка управленческой информации и незнания форм и методов решения задач по организации и технологиям развития информатизации в сельскохозяйственном производстве;

- многократное уменьшение объемов исследований за последние 20 лет по тематике совершенствования управления сельскохозяйственным производством с применением современных методов, оптимизационных моделей и компьютеров привело к оттоку молодых ученых и не позволило научно-исследовательским институтам осуществить комплексную разработку научных рекомендаций по развитию информационной инфраструктуры в период становления рыночных отношений и обосновать образование научно-технологической цепочки, объединяющей интересы государства, отрасли, науки и бизнеса.

Этими исследованиями также подтверждено, что компьютеризация внедряется успешно только в тех сельскохозяйственных предприятиях и на крупных животноводческих комплексах, где созданы необходимые условия ее развития и в первую очередь: наличие средств на внедрение ИКТ и квалифицированных кадров, обеспечение уровня зарплаты и поддержки органами управления руководителей предприятия, достигнувших роста экономических показателей производства сельхозпродукции, улучшающих социально-бытовые условия их работников за счет применения научных методов управления.

Поэтому системная разработка и планомерное внедрение компьютеризации, информационных технологий и информационных систем в сельскохозяйственном производстве, как показала практика, могут быть осуществлены только при наличии в них следующих основных условий.

1. Заинтересованность руководителей и специалистов сельхозпредприятий в улучшении экономических показателей производства сельскохозяйственной продукции на основе внедрения современных методов и средств оперативного управления.

2. Выделение льготных кредитов сельхозпредприятиям и фермерским хозяйствам с рентабельностью не ниже 15% на приобретение компьютеров, прикладных программ и подключение к сети Интернет в рамках Государственной программы развития сельского хозяйства на 2013–2020 гг., а для низкорентабельных сельхозорганизаций на начальном этапе должна быть предусмотрена бюджетная (региональная) поддержка на внедрение 2-3 производственных АРМов.

3. Обязательное участие в разработке и реализации проектов по совершенствованию управления сельскохозяйственным производством с применением ИКТ отраслевых НИИ Россельхозакадемии при их долевом бюджетном финансировании.

4. Выделение из региональных бюджетов средств (в рамках развития сельского хозяйства) на разработку типовых прикладных программ по управлению экономикой и технологиями в сельхозорганизациях с последующей передачей их в хозяйственную эксплуатацию информационно-консультационным службам (ИКС) на возвратной основе.

5. Обучение сельхозтоваропроизводителей современным методам управления с использования информационных технологий.

Сложившееся состояние с развитием информатизации сельскохозяйственного производства не может дальше оставаться не замеченным со стороны Минсельхоза России и региональных администраций и требует незамедлительного принятия ими мер по активизации и ускорению создания в каждом регионе единой

информационной инфраструктуры сельского хозяйства и внедрения в практику управления экономикой и технологиями в сельхозорганизациях современных научных методов управления производственными процессами с использованием ИКТ на инновационной основе.

Отличительной особенностью ее создания в современных рыночных условиях является неопределенность в выборе головных заказчиков разработки информационных систем с соответствующими информационными услугами, предоставляемыми определенным группам пользователей, и отсутствие законодательных актов или положений по их финансированию.

Так, разработка информационного обеспечения для государственных структур управления осуществляется за счет бюджетных средств (федеральных и региональных), а разработка ЭММ и сложных оптимизационных задач управления с программными комплексами, востребованными практически всеми крупными сельхозорганизациями и агрохолдингами, пока не осуществляется из-за нерешенности финансовых вопросов.

Поэтому Минсельхозом России должны быть определены формы и способы разработки инфокоммуникационных систем и технологий в сельскохозяйственном производстве и утверждены положения о кредитно-финансовом обеспечении их внедрения.

Принимая во внимание ожидаемый значительный рост объемов работ по созданию информационных систем в сельхозорганизациях, других предприятиях и организациях АПК в 2015-2020 гг., которые не могут быть выполнены существующими научно-производственными структурами сельского хозяйства, возникает необходимость в создании в системе Минсельхоза России специализированного научно-производственного и проектно-технологического центра по информатизации АПК (НППТЦИ АПК) в составе головного предприятия, межрегиональных филиалов, монтажно-наладочных участков и сервисных групп.

Основными задачами Центра должны быть:

- проведение исследований по совершенствованию и развитию инфокоммуникационных систем АПК;
- проектирование информационных систем, ЛВС, телекоммуникационных сетей, технологической связи и СНС, программных средств, сетей распределенной обработки данных;
- разработка организационно-правовых актов, регламентов и положений по развитию и функционированию информационных и телекоммуникационных систем и сетей в АПК;
- разработка прогноза развития инфокоммуникационных систем и внедрения ИКТ в сельском хозяйстве регионов;
- подготовка и переподготовка специалистов сельского хозяйства базовых объектов по применению программно-технических средств в оперативном управлении производственными процессами.

Расчеты показывают, что при решении организационно-экономических вопросов развития инфокоммуникационных систем в сельском хозяйстве в 2014-2020 гг. будет необходимо осуществить их ввод практически во всех сельхозорганах, в 10-12 тыс. сельхозорганизациях и других предприятиях и организациях АПК с общим объемом работ в 2,9-3,5 млрд руб.

Указанные расчеты были проведены на основе экономического анализа сельскохозяйственного производства республик Марий Эл, Мордовия, Воронежской и Ростовской областей, в которых были выделены по 8 типовых объектов со средней стоимостью информационных систем от 50 тыс. руб. (небольшие фермерские хозяйства) до 5 млн руб. (Минсельхоз крупного сельскохозяйственного региона).

Более 40 % из указанных сумм должно быть направлено на разработку программного обеспечения, 20 % - на научные исследования, 15 % - на доукомплектование технической системы и 5 % - на повышение квалификации руководителей и специалистов.

Учитывая сложность организации разработки и ввода в эксплуатацию единой информационной инфрастуктуры АПК в масштабе страны, первостепенное значение для определения исходных параметров ее проектирования и экономической эффективности создаваемых моделей и программных приложений имеет программа комплексных исследований и опытного внедрения развития информационного обеспечения сельского хозяйства, проект которой в настоящее время разработан. Схема его организационно-технического развития приведена на рис. 1. Она включает организации, участвующие в развитии информационных систем на различных уровнях от Правительства Российской Федерации до непосредственных их исполнителей (НИИ, проектные институты и т.д.) и потребителей информационных услуг, а также четыре подпрограммы исследований информационного

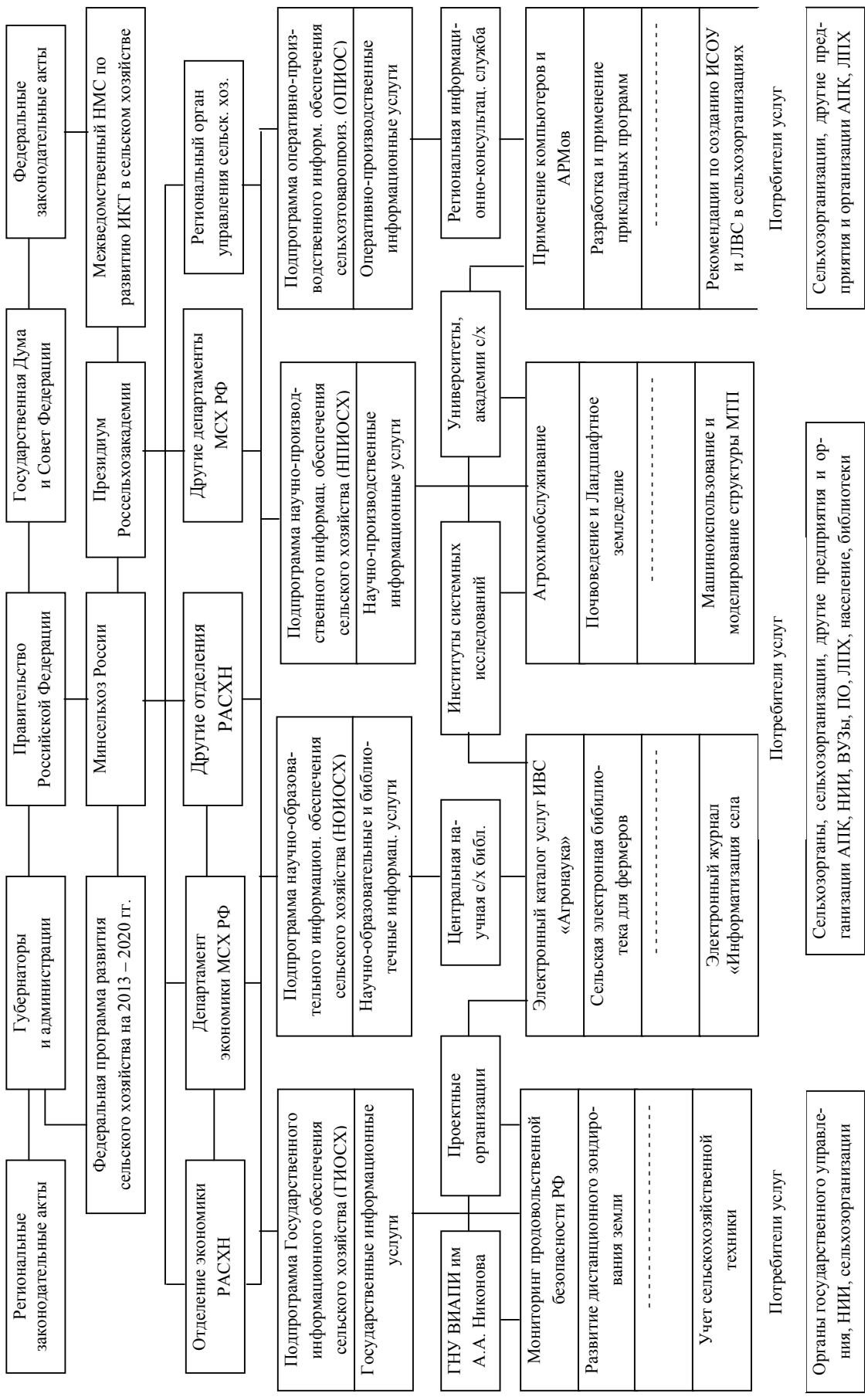


Рис. 1. Схема организационно-технического развития информационного обеспечения сельского хозяйства в 2013 – 2020 гг.

обеспечения, востребованного определенными группами потребителей.

Разработка и реализация указанных подпрограмм должна осуществляться в рамках выполнения Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2008-2020 гг. и предусматривать разработку и опытное внедрение научно-технических рекомендаций и проектно-технологических решений, обеспечивающих отработку всего комплекса задач по созданию многоуровневой и многофункциональной информационной системы управления сельского хозяйства.

Первая подпрограмма Государственного информационного обеспечения сельского хозяйства (ГИОСХ) включает перечень решаемых задач, предоставляющих органам государственного управления, НИИ, сельхозорганизациям соответствующих информационных услуг.

Указанная подпрограмма выполняется в рамках ФП «Развитие сельского хозяйства» на 2008-2012 гг.» за счет федерального бюджета и, очевидно, она будет пролонгирована на 2013–2020 гг.

В результате проводимых исследований будут сформированы показатели для решения текущих задач государственного значения отрасли [3].

Вторая подпрограмма научно-образовательного информационного обеспечения сельского хозяйства (НОИОСХ) должна обеспечивать формирование научного потенциала в НИИ и университетах сельского хозяйства с предоставлением научных, образовательных и библиотечных информационных услуг сельхозорганам, сельхозорганизациям, НИИ, ВУЗам, проектным организациям, сельским библиотекам, ЛПХ и населению.

На основании указанных услуг будут разрабатываться научно-производственные и оперативно-производственные системы, а также функционировать распределенная информационно-вычислительная система (ИВС) «Агронаука».

Третья подпрограмма научно-производственного информационного обеспечения сельского хозяйства (НПИОСХ) должна разрабатываться общими усилиями отраслевых НИИ, проектно-технологическими фирмами, ОКБ и др. на основе взаимодействия с подсистемами ГИОСХ и НОИОСХ при решении сложных задач оперативного управления, таких как Племенное дело, Агрохимобслуживание, Генофонд и др.

Одной из важных задач развития информационного обеспечения в сельском хозяйстве является определение и утверждение 2-4 пилотных регионов, в базовых сельхозорганизациях которых будут проведены НИОКР по осуществлению системной разработки сложного программного обеспечения, математических моделей, организационно-технических комплексов для управления и регулирования рыночными механизмами и инновационными процессами модернизации сельскохозяйственного производства с долевым бюджетным (федеральным и региональным) финансированием указанных разработок.

Четвертая подпрограмма оперативно-производственного информационного обеспечения сельхозтоваропроизводителей (ОПИОС) должна обеспечивать разработку двух научных направлений развития и функционирования инфокоммуникационных систем в сельскохозяйственном производстве регионов.

Первое научное направление предусматривает проведение исследований и разработки организационно-технических мероприятий по созданию единой трехуровневой информационной системы в регионе и основные положения по проектированию и функционированию информационных систем в сельхозпредприятиях с различной формой собственности и экономическим состоянием, а также их финансированию и кредитованию в соответствии со схемой, приведенной на рис. 2.

В результате проведенных исследований и опытного внедрения указанных информационных систем будет:

- определена востребованность сельхозтоваропроизводителей в информационных услугах;
- разработан стандарт совершенствования управления сельскохозяйственным производством на основе формализации функций руководителей и специалистов по оперативному планированию и регулированию производственных процессов и внедрения современных математических методов и моделей, программных и технических средств обработки информации и принятия управленческих решений, аналогичных западному стандарту MRPII (ERP, CSRP);
- разработана программа внедрения унифицированных автоматизированных информационно-технических комплексов (УАИТК), повышающих использование материально-технических и трудовых ресурсов в растениеводстве и животноводстве на 12–18 %;

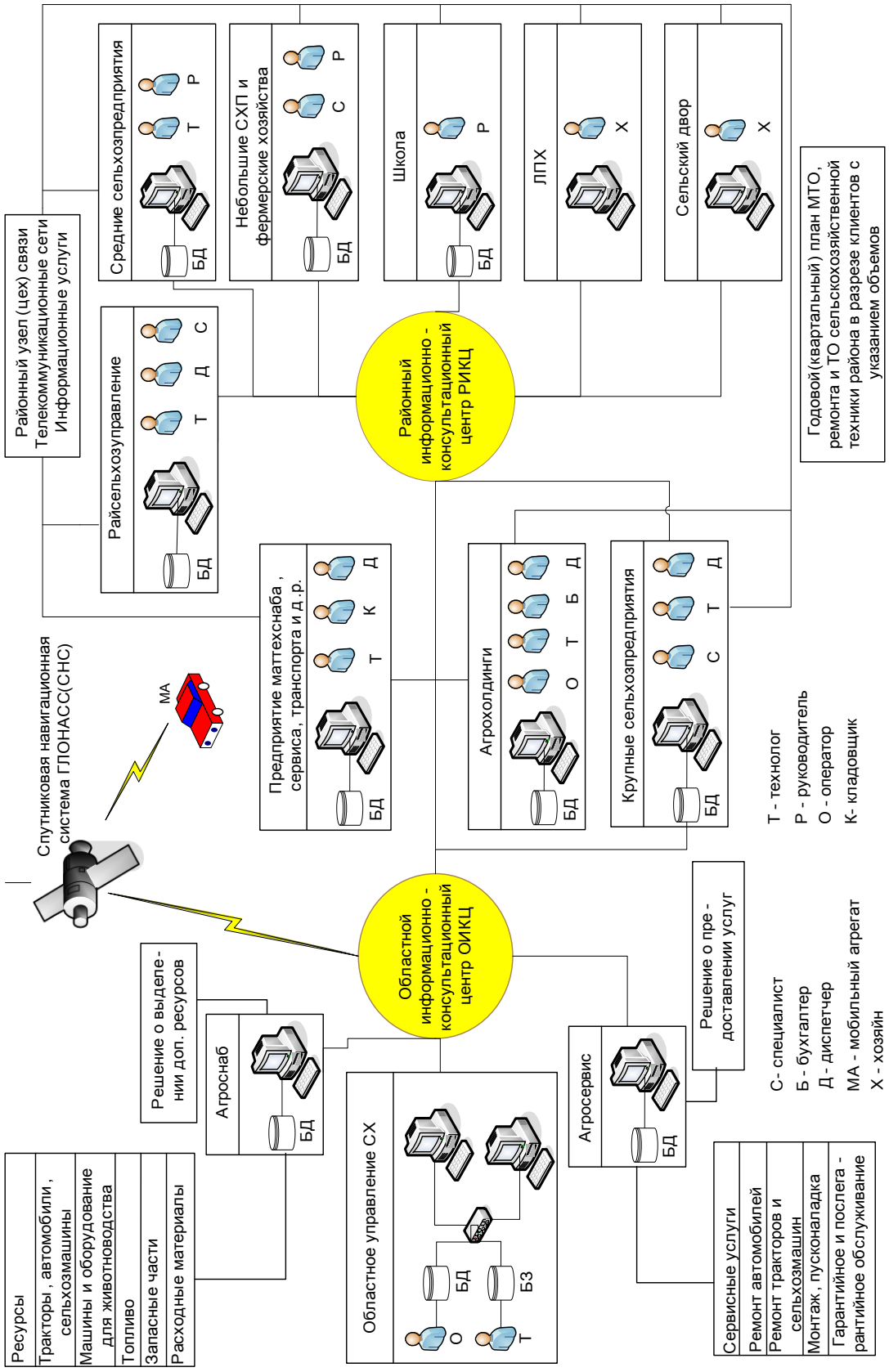


Рис. 2. Схема построения инфокоммуникационной системы оперативного управления сельскохозяйственным производством на примере гипотетического региона

- обосновано применение в информационных системах сельхозорганизаций компьютеров от ПК общего назначения до планшетных компьютеров (ПлК), программно-ориентированных и программно-технических комплексов (ПОК и ПТК), автоматизированных рабочих мест (АРМов) руководителей и специалистов с прикладным программным обеспечением, телефонной связи и средств телеконтроля за непрерывной работой агрегатов и машин в животноводческих комплексах, спутниковых навигационных систем, измерительных устройств и приборов;

- сформирован перечень задач управления и показателей для потребителей информационных услуг от органов регионального управления до ЛПХ и населения, а также разработана методология взаимодействия любых приложений в автоматизированном режиме в независимости от уровня решаемых задач;

- отработана методология совершенствования оперативного управления производственными процессами и формирования единой научно-технической базы знаний (ЕНТБЗ), как важнейшего инструмента создания интеллектуальной платформы управления производственными процессами и бизнесом [4].

Второе научное направление предусматривает проведение исследований и разработку инновационно-инвестиционного механизма развития инфокоммуникационных систем и технологий в сельхозорганизациях, сельхозорганах, других предприятиях и организациях, на примере гипотетического пилотного региона схема которого приведенной на рис. 3.

В результате проводимых НИОКР будет:

- обоснован прогноз развития инфокоммуникационных систем и ИКТ в пилотных регионах на 2013–2015 гг. и расчет потребности сельхозорганизаций в технических средствах и прикладных программах, а также объемные показатели ввода в них инфокоммуникационных систем;

- разработан инновационный проект «Создание инфокоммуникационных систем в сельском хозяйстве региона на примере 8–10 модельных сельхозпредприятий, осуществляющих внедрение современных средств и методов управления производственными процессами и формирование показателей по модернизации отраслей сельскохозяйственного производства»;

- разработан проект организационно-методических рекомендаций по развитию инфокоммуникационных систем в регионах с учетом имеющихся типов сельхозорганизаций и их экономического состояния, кадрового обеспечения, наличия научно-исследовательских и проектных институтов и др.;

- исследован процесс проведения машинно-технологической модернизации сельскохозяйственного производства исходя из экономического состояния базовых сельхозорганизаций и возможности быстрого освоения в них новых технологий производства сельскохозяйственной продукции, эффективности деятельности управленческих структур по развитию информационно-инновационных процессов, наличия высококвалифицированных кадров в сельхозпредприятиях и др.;

- разработан программно-целевой метод оптимального инвестирования роста объемов производства сельскохозяйственной продукции в заданном интервале ее рентабельности;

- определен фонд оплаты труда рабочих и служащих сельхозорганизаций до уровня соответствующего экономически-обоснованному использованию в них трудовых и материально-технических ресурсов.

Проводимыми ГНУ ВИЭСХ и ГНУ ВИАПИ им. А.А. Никонова исследованиями было установлено, что в настоящее время около 50% сельхозпредприятий и 30% фермерских хозяйств готовы приступить к внедрению ИКТ. Но для этого в регионах необходимо создать следующие организационно-экономические условия:

• подготовить и подписать соглашение о сотрудничестве и взаимодействии между Минсельхозом России, Россельхозакадемией и правительствами пилотных регионов в области исследований и внедрения на примере базовых сельхозорганизаций опытных трехуровневых инфокоммуникационных систем, включая формы и объемы их финансирования в 2013–2015 годах;

• образовать Межведомственный научно-методический совет по координации НИОКР развития инфокоммуникационных систем и технологий в сельском хозяйстве (Оргсовет);

• определить перечень научно-исследовательских и проектно-технологических институтов и пуско-наладочных предприятий по разработке проектной документации, прикладных программ и внедрению их в базовых сельхозорганизациях;

• разработать и утвердить программу подготовки и переподготовки руководителей и специалистов сельхозорганизаций и сельхозорганов, других предприятий и организаций АПК в области применения компьютеров, ИКТ, СНС, новых научных методов управления.

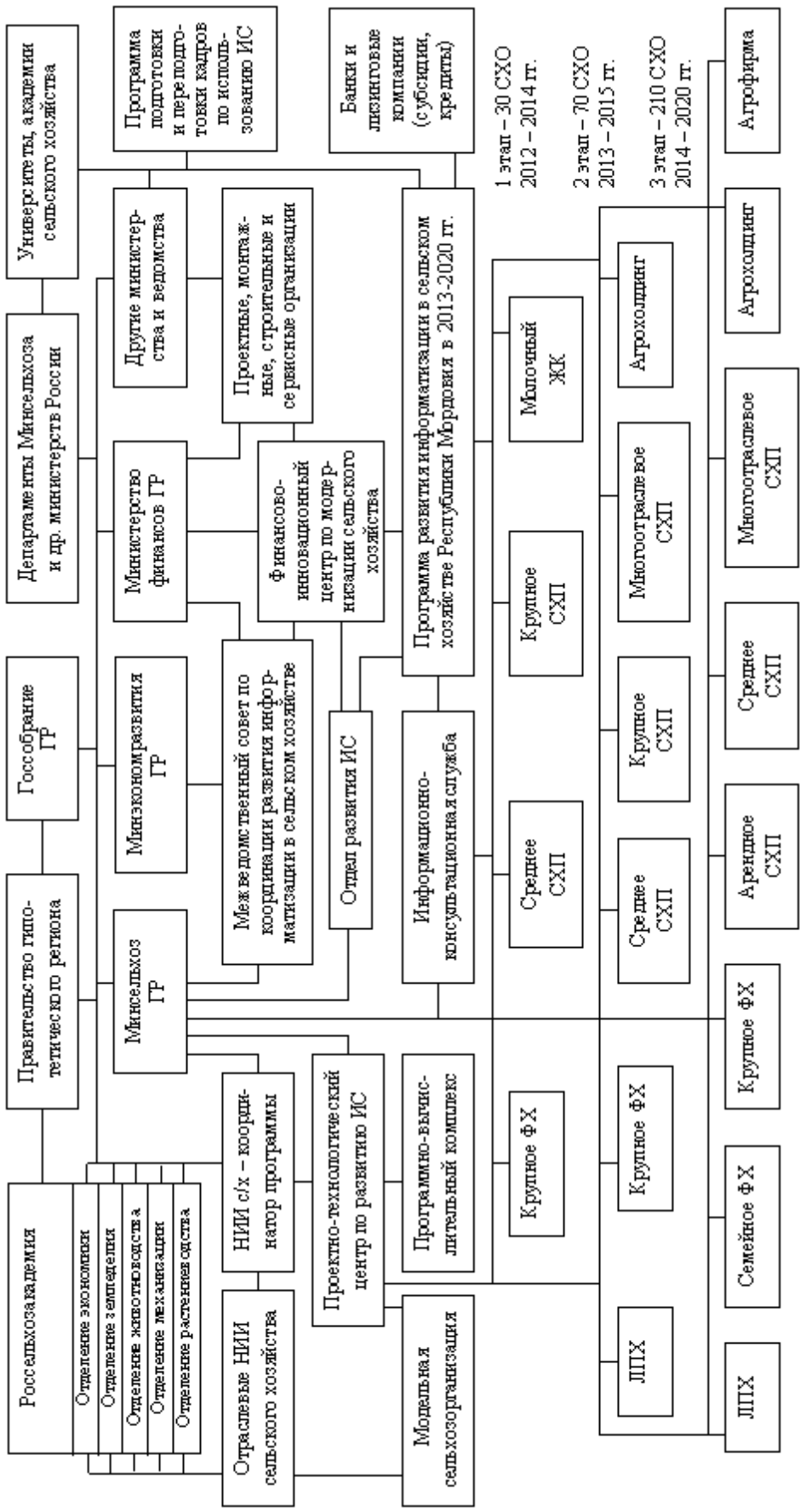


Рис. 3. Схема развития информационных систем в сельском хозяйстве на примере гипотетического региона

Поэтому дальнейшее их внедрение в сельскохозяйственное производство может быть осуществлено только с участием государственных структур, обеспечивающих выделение бюджетных средств для долевого участия в разработке программного обеспечения и решения сложных оптимизационных и многофакторных задач с использованием экономико-математических моделей при оптимизации выбора вариантов модернизации отраслей и социально-экономического развития производства и др., а также подготовку типовых проектно-технических решений построения трехуровневых инфокоммуникационных систем.

Учитывая актуальность и ожидаемую эффективность обеспечения сельхозтоваропроизводителей современными методами и техническими средствами управления по развитию инновационной экономики в сельском хозяйстве для 30% регионов, имеющих от 200 до 400 сельхозорганизаций, целесообразно рассмотреть варианты развития в них ИСОУ в 2012 – 2015 гг. для трех групп этих сельхозорганизаций (рис. 3).

Первая группа будет включать 10–30 агрохолдингов и крупных сельхозпредприятий, в которых имеются компьютерные сети, осуществляется подготовка специалистов, осваиваются программные средства для решения наиболее эффективных задач управления.

Во вторую группу будут включены 40-70 крупных и средних сельхозпредприятий, которые желают внедрять инновации на основе компьютерных технологий, но не имеют опыта их создания и необходимых средств.

К третьей группе будут относиться те хозяйства (порядка 80-210), которые хотят проводить модернизацию производственной базы, но внедрять компьютеры не могут из-за недостаточной подготовки или отсутствия специалистов по растениеводству или животноводству.

На начальном этапе (2013–2015 гг.) от каждой группы выделяются по 3–4 модельных (базовых) сельхозорганизации, на примере которых должна осуществляться модернизация сельскохозяйственного производства в регионе и создаваться инновационно-инвестиционная система, обеспечивающая последовательное и поэтапное развитие инновационной экономики на примере базовых сельхозорганизаций.

В целях ускорения разработки и внедрения современных средств информатизации и связи в управление сельскохозяйственным производством в рамках проводимых научно-исследовательскими институтами Россельхозакадемии исследований, необходимо:

1. Рассмотреть и утвердить в установленном порядке в Минсельхозе России и Россельхозакадемии программу комплексных исследований ИСОУ в базовых сельхозорганизациях пилотных регионов, определив формы выделения регионами бюджетных средств для долевого проведения указанных исследований.

2. Возложить на ГНУ ВИАПИ им. А.А. Никонова функции головной организации по координации и методическому руководству комплексными исследованиями создания ИСОУ в базовых сельхозпредприятиях и подготовке типовых решений и научно-технологической документации.

3. Внести предложения Минсельхозу России о включении в Федеральную программу развития сельского хозяйства на 2013–2020 гг. отдельного пункта о создании пилотных объектов для проведения НИОКР, на базе которых должны быть осуществлена системная разработка сложного программного обеспечения, математических моделей, организационно-технических комплексов для управления и регулирования рыночными механизмами и инновационными процессами модернизации сельскохозяйственного производства с долевым бюджетным (федеральным и региональным) финансированием указанных разработок в размере 40-60% от стоимости проекта.

4. Поручить местным органам сельского хозяйства определить и утвердить перечень базовых сельхозорганизаций, в которых будут проводиться комплексные исследования по внедрению ИСОУ, на основе проекта положения об определении технико-экономических показателей их выбора.

5. Просить Президиум Россельхозакадемии рассмотреть совместно с Минкомсвязи России вопрос о проведении на примере пилотных регионов в 2012 – 2015 гг. подведомственными научно-исследовательскими и проектно-технологическими институтами комплексных исследований по оптимизации трафиков СПД, ускорению обеспечения сельхозтоваропроизводителей современными мультимедийными услугами, широкополосным Интернетом со скоростью не менее 1,0 Мб/с и определению экономической эффективности применения видеоконференций в агрохолдингах и крупных сельхозорганизациях и планшетных компьютеров с радиодоступом, используемых специалистами сельхозорганизаций в полевых условиях.

Резюме. Дальнейшее ускоренное системное развитие инфокоммуникационных систем и технологий в сельском хозяйстве регионов должно основываться на программно-целевых методах исследований и внедрения трех его составляющих:

- формирование научно-обоснованной инновационной экономики производства сельскохозяйственной продукции, с опережающим созданием в сельхозорганизациях ИСОУ, как важнейшего инструмента организации в них гибких интеллектуальных платформ управления производственными процессами и бизнесом;
- последовательное совершенствование существующих форм и методов оперативного управления на основе использования новых технологий и знаний, обеспечивающих проведение машинно-технологической модернизации, отработку инвестиционного механизма, подготовку кадров, освоение высокоэффективных ИКТ и др.;
- создание в региональном сельхозоргане организационно-финансовой структуры по разработке, финансированию (кредитованию) и эксплуатации инфокоммуникационных систем в сельхозорганизациях, предприятиях и организациях, обслуживающих сельскохозяйственное производство, районные и региональные сельхозорганы.

Реализация перечисленных функций позволит значительно повысить темпы развития информатизации в сельском хозяйстве и довести долю реализации ИКТ в ВВП к 2020 г. до 6-8%.

Литература

1. *Буренок В.Г.* Вооружения XXI века будут иметь ИБИК // Независимое военное обозрение. 2011. № 46. С. 6.
2. *Стребков Д.С., Кузнецов И.М., Макеев М.В.* Совершенствование оперативного управления сельскохозяйственным производством // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2011. №6. С. 3-4.
3. Федеральная программа развития сельского хозяйства на 2008-2012 гг. Подпрограмма Государственного обеспечения сельского хозяйства.
4. *Стребков Д.С., Кузнецов И.М., Макеев М.В.* Разработка и внедрение инфокоммуникационных систем и технологий в оперативное управление сельскохозяйственным производством // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2012. №1. С. 5-6.

УДК 631.371

ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ, ПЕРЕДАЧЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЭНЕРГИИ

Д-р техн. наук В.И. Загинайлов (МГАУ им. В.П. Горячкина)

Рассмотрены проблемы энергосбережения и энергоэффективности производства, передачи и использования (применения) тепловой, механической и электрической энергий при производстве сельскохозяйственной продукции.

Ключевые слова: *производство, передача, использование, энергия, энергосбережение, энергоэффективность, энергоемкость, источники, преобразователи и потребители энергии.*

Problems of energy saving, efficiency of energy production, transmission, use of thermal, mechanical and electrical energy in the production of agricultural products is considered.

Keywords*: production, transmission, usage, energy, energy conservation, energy efficiency, energy consumption, energy sources, converters and consumers of energy.*

Топливно-энергетический комплекс (ТЭК) России играет важнейшую роль как в экономике нашей страны, так и в экономике всего мира. Россия занимает лидирующие позиции по добыче нефти (около 700 млн. т у. т./год), экспортируя две пятых её объема; природного газа (760 млн. т у. т./год), обеспечивая им 25% мировой торговли, и каменного угля (220 млн. т у. т./год), обеспечивая около 12% мировой торговли.

Суммарное производство топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) в России составляет около 1800 млн. т у. т. На внутреннее потребление расходуется около 990 млн. т у. т/год, при этом более 53% ТЭР приходится на природный газ, около 19% – на нефть, 18% – на твердое топливо и 10% ТЭР получают за счет так называемых нетопливных источников энергии: АЭС, ГЭС, ВИЭ и др. источников. Суммарное потребление электроэнергии в стране составляет более 1000 млрд. кВт·ч/год, при этом на её производство на ТЭС и ТЭЦ (700 млрд. кВт·ч/год,) расходуется около 300 млн. т у. т. в год [1, 2].

Россия относится к северным странам и имеет большую территорию. Поэтому значительное количество ТЭР расходуется на производство тепловой энергии, доставку (транспорт, передачу) ТЭР к месту их потребления. Российские нормы расхода топлива и воды в 3 раза (а по фактическим расходам в 4 – 5 раз) выше, чем у наших северных соседей – Финляндии и Норвегии. Энергоёмкость производства продукции в России выше, чем в мире, в 2 – 4 раза; выше, чем в США, в 4,5 и в 7 раз больше, чем в Японии [6].

Потери энергии превосходят все допустимые нормы, начиная с её производства. Так, проведенные расчеты эффективности производства электроэнергии на ТЭС и ТЭЦ показывают, что КПД составляет только лишь $\eta = 0{,}286$. Потери теплоты на отопление – 410 кВт·ч /м^2 (η= 0,28), в Финляндии, такой же северной стране, как Россия, потери на отопление составляют всего 20 кВт·ч/м^2 (η=0,87). Потери воды в России – 635 л/чел.·сут (η=0,21), в Финляндии они равны 20 л/чел.·сут (η=0,88). Следовательно, в нашей стране потери на отопление в 20,5 раз и по воде в 31 раз выше, чем в Финляндии, а потребители, в том числе население, вынуждены оплачивать эти потери, 3–5 раз превышающие их потребности [1].

Проблема снижения энергетических затрат в России обостряется ещё в большей степени в связи с постоянным ростом стоимости энергоносителей: нефтепродуктов, природного газа и электроэнергии. Конкурентная способность отечественной продукции, в том числе и сельскохозяйственной, все больше и больше падает и еще в большей степени обостряется от неэкономного расходования энергетических ресурсов.

Поэтому энергосбережение является одним из ключевых направлений энергетической политики в России. В конце 2009 г. начал действовать Федеральный закон РФ № 261 «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности …», во исполнение положений которого была разработана и утверждена распоряжением правительства государственная программа по энергосбережению и повышению энергоэффективности до 2020 года [4], были разработаны региональные и муниципальные программы по энергосбережению. Реализация мероприятий программы позволит обеспечить к 2020 г. снижение энергоемкости ВВП на 40% к уровню

2007 г., что позволит сохранить ежегодно до 200 млн. т у. т., обеспечить суммарную экономию затрат на энергоресурсы в течение 10 лет в размере более 9,3 трлн. рублей.

Целью ФЗ № 261 является создание правовых, экономических и организационных основ стимулирования энергосбережения и повышения энергетической эффективности производства. Он определяет полномочия органов центральной государственной власти, субъектов РФ и органов местного самоуправления в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности объектов по производству, передаче и использованию энергетических ресурсов, а также определяет направления образовательной деятельности в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности. В соответствии с ФЗ № 261 должны быть составлены энергетические паспорта предприятий страны и определены:

- порядок, сроки проведения энергетических обследований (энергоаудита) объектов (по производству, передаче и использовании энергетических ресурсов) членами саморегулируемых организаций в области энергетического обследования и по результатам энергоаудита разработаны энергетические паспорта предприятий;
- объективные данные об объемах и потерях используемых энергетических ресурсов на предприятиях;
- показатели потенциала энергосбережения и пути повышения энергетической эффективности на объектах энергетического обследования;
- порядок учета и расчетов за используемые энергетические ресурсы;
- перечень общедоступных мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности и проведение их стоимостной оценки.

В дополнение к ФЗ № 261 был издан приказ Минэнерго РФ № 182 от 19.04.2010 г., уточняющий требования к энергетическому паспорту, в части:

- общих сведений об объектах энергетического обследования, включая тепловые потери в зданиях, строениях и сооружениях;
- сведений об оснащенности объектов энергетического обследования приборами учета энергии;
- сведений об объемах, балансах и потерях, используемых топливно-энергетических ресурсов, включая топливо: жидкое, твердое и газообразное; тепловую и электрическую энергии; расходы воды (питьевой и на технологические нужды); наличие вторичных и возобновляемых видов ТЭР, все с указанием мощности и КПД энергоустановок, годовой наработки и годового фактического выхода энергии, наименования (вида) топлива, его основных характеристик, включая теплотворную способность;
- сведений о потенциале энергосбережения и о показателях энергетической эффективности с указанием наименования программы энергосбережения и повышения энергоэффективности;
- перечня должностных лиц предприятия, ответственных за обеспечение мероприятий по энергосбережению и сведений о квалификации персонала (общее количество и количество сотрудников, прошедших обучение в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности).

Впервые суммарный потенциал экономии энергосбережения был опубликован в Энергетической стратегии России и оценен в 350 – 460 млн. т у. т., который составляет, примерно, 2/5 всего объема потребления первичных ТЭР в стране, в том числе по отраслям в ТЭК 110 – 145 млн. т у. т. (в электро- и теплоэнергетике 58 – 77 млн. т у. т., при транспорте энергоносителей 38 – 47 млн. т у. т.), в промышленности 115-170 млн. т у. т., в жилищно-коммунальном и бытовом секторе 65 – 75 млн. т у. т., на транспорте 33 – 40 млн. т у. т. и в сельском хозяйстве 27 – 30 млн. т у. т. [2].

Человечество в своей деятельности использует многие виды энергий: термоядерную, атомную, химическую, гравитационную, электро- и магнитостатическую, тепловую, механическую и электрическую, однако из перечисленных выше на практике используются всего три вида: тепловая (70 – 75%), механическая (20 – 25%) и электрическая энергия, которая, как правило, выполняет роль переносчика энергии и на местах её потребления преобразуется в тепловую и механическую энергии и служит для получения световой энергии (3 – 5%) и электропитания средств вычислительной техники и телерадиоаппаратуры [1].

В соответствии с данными Минэнерго из потребляемой в быту энергии 70% идет на отопление помещений, 15% – расходуется на приготовление пищи, 10% – потребляет бытовая техника и 5% – расходуется на освещение. Цифры средние и во многом зависят от площади дома или квартиры, системы отопления, кухонной плиты.

Тепловая, механическая и электрическая энергии – это вторичные виды энергии, преобразованные (трансформируемые) из первичных источников энергии: невозобновляемых (каменного угля, сланцев, нефти, природного газа, торфа и др.), потребление которых существенно превышает их естественное воспроизводство, и возобновляемых, получаемых за счет энергии Солнца, воды, ветра, геотермальной энергии Земли и гравитационной энергии Луны.

К источникам тепловой, механической и электрической энергий отнесем устройства, в которых первичные виды энергии преобразуются (трансформируются) во вторичные, при этом эти преобразования осуществляются единовременно. Это – котельные установки, котлы, печи, плиты, нагреватели, солнечные коллекторы и другие устройства, в которых энергия Солнца, топлива и геотермальная энергия Земли преобразуется в тепловую энергию.

К источникам механической энергии отнесем гидротурбины и ветродвигатели, в которых энергия воды и воздуха преобразуются в механическую энергию, а также тепловые двигатели, газовые и реактивные турбины, в которых тепловая энергия, полученная от первичных источников, трансформируется в механическую.

К источникам электрической энергии отнесем фотоэлектрические, термоэлектрические и электрохимические источники тока, в которых энергия Солнца или химическая энергия топлива преобразуются в электрическую, а также электромеханические, магнито-гидродинамические и термоэмиссионные генераторы, в которых полученная тепловая и/или механическая энергия также преобразуются в электрическую энергию.

Топливо или произведенная энергия тепловая, механическая или/и электрическая должны быть доставлены (переданы, перевезены, транспортированы к месту производства продукции.

Транспортировка топлива может быть осуществлена автомобильным, железнодорожным, речным, морским и авиатранспортом, жидкое и газообразное топливо, а также тепловая энергия могут транспортироваться (перекачиваться) по трубопроводам (тепло-, паропроводам).

Механическая энергия транспортировке не подлежит.

Электрическая энергия к месту производства продукции передается (распределяется) по линиям электропередач (ЛЭП): воздушным и/или кабельным. Для снижения потерь передача электроэнергии осуществляется с использованием высокого напряжения. На месте генерации электрической энергии она повышается (трансформируется) – 110, 220 кВ и выше – и по соответствующим ЛЭП передается в район ее использования. В районе использования понижается (трансформируется) в начале до напряжения 35, 20, 10 или 6 кВ, затем до напряжения 0,4 кВ и по ЛЭП распределяется между потребителями электрической энергии.

На месте потребления (использования) энергии может быть с использованием преобразователей преобразована и использована в технологических процессах по производству продукции.

К тепловым преобразователям отнесем устройства, в которых вторичная энергия (тепловая, механическая или электрическая) преобразуется в тепловую энергию. Это теплообменники, электронагреватели, тепловые насосы, вихревые теплогенераторы.

К механическим преобразователям отнесем устройства, в которых вторичная энергия (тепловая, механическая или электрическая) преобразуется в механическую энергию. Это трансмиссии (коробки скоростей, редукторы, вариаторы), электродвигатели, насосы, вентиляторы, компрессоры.

К электрическим преобразователям отнесем устройства, в которых вторичная энергия (тепловая, механическая или электрическая, а также химическая) преобразуется в электрическую. Это источники бесперебойного питания, блоки питания, стабилизаторы напряжения, усилители, выпрямители, инверторы, батареи, топливные элементы и другие устройства.

В нашей стране преобладает централизованное производство тепловой, механической и электрической энергий, так как они производятся в основном из углеводородного топлива. Вначале осуществляется добыча топлива и его переработка, затем его транспортировка на месте производства тепловой, механической или электрической энергий. Следовательно, существующие автономные (децентрализованные) системы энергообеспечения (тепловой или электрической энергий) являются зависимыми от централизованной поставки углеводородных топлив, не говоря уже о механических источниках энергии, используемых на транспортных средствах.

Энергоэффективность энергетических установок по производству, передаче и использо-

ванию тепловой, механической или/и электрической энергии и энергосбережение производства продукции могут быть оценены по коэффициенту полезного действия и энергоемкости продукции [3, 5]. КПД энергетических установок определяется через поступающую на вход установки энергию $Э_{вх}$ или мощность $P_{вх}$ и энергию $Э_{вых}$ или мощность $P_{вых}$ на выходе установки:

$$\eta = \frac{Э_{вых}}{Э_{вх}} = \frac{Э_{вх} - \Delta Э}{Э_{вх}} \text{ или } \eta = \frac{P_{вых}}{P_{вх}} = \frac{P_{вх} - \Delta P}{P_{вх}}, \quad (1)$$

где ΔЭ, ΔР – соответственно величина потерь энергии или мощности.

При производстве, передаче и использовании энергии она преобразуется, и общий КПД при производстве продукции будет равен:

$$\eta_{общ} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot ... \eta_i \cdot ... \eta_n, \quad (2)$$

где $\eta_1, \eta_2, \eta_3, \cdot ... \eta_n$, – соответственно КПД *i*–энергетических установок, участвующих в преобразовании энергии при производстве продукции, количество которых изменяется от 1 до *n*.

Полные энергозатраты на производство продукции можно определить по следующему выражению:

$$Э_{общ} = Э_{тп} + Э_Д + Э_с + Э_т + Э_э - Э_{вр}, \quad (3)$$

где $Э_{тп}$ – энергозатраты на производство энергии, необходимой для осуществления технологического процесса производства продукции; $Э_д$ – энергозатраты на доставку энергии и исходных материалов к месту производства продукции; $Э_С$ – скрытая энергия, т.е. энергия, использованная в предшествующих технологиях и овеществленная: в сырьевых исходных материалах, необходимых для производства данного вида продукции; в капитальных сооружениях, оборудовании и инструменте и энергозатратах по их поддержанию в работоспособном состоянии; $Э_т$ – энергозатраты на энергообеспечение трудовых ресурсов, участвующих в технологическом процессе производства продукции; $Э_э$ – энергозатраты на обеспечение экологии производства продукции; $Э_{вр}$ – энергия вторичных ресурсов, которая перерабатывается в процессе производства данной продукции, но передается для использования в другой технологический процесс.

Энергосбережение при производстве продукции может быть оценено по её энергоёмкости:

$$Э = \frac{Э_{общ}}{V}\left[\frac{т\ у.т.}{кг}; \frac{т\ у.т.}{м^3}; \frac{т\ н.э.}{1000\ долл.}\right], \quad (4)$$

где V – объем, количество произведенной продукции [кг, м^3, рубли].

Затраты энергии при её преобразовании будут определяться по следующему выражению

$$Э = \Delta P_1 t_1 + \Delta P_2 t_2 + ... \Delta P_i t_i + ... \Delta P_n t_n \quad (5)$$

или с учетом КПД (1), (2)

$$Э = (1-\eta_1)P_{вх1}t_1 + (1-\eta_2)P_{вх2}t_2 + ...(1-\eta_i)P_{вхi}t_i + \\ + ...(1-\eta_n)P_{вхn}t_n. \quad (6)$$

Следовательно, так как энергия является товаром [7], то для её энергосбережения и повышение энергетической эффективности необходимо стремиться к совершенствованию энергетических установок по производству, передаче (распределению) и потреблению (использованию) полученной энергии (механической, тепловой и электрической), снижению энергетических потерь на преобразования энергии, уменьшению количества её преобразований и приближению источников энергии к местам её потребления.

Литература

1. *Фортов В.Е., Попель О.С.* Энергетика в современном мире. М.: Издательский дом «Интеллект», 2011.- 168 с.
2. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства РФ №1715-р от 13.11.2009 г.
3. Методика энергетического мониторинга сельскохозяйственных объектов, выявление резервов и потенциала экономии топливно-энергетических ресурсов (ТЭР). М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2001. – 100 с.
4. Государственная программа «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года». Утверждена распоряжением Правительства РФ № 2446-р от 27.12.2010.
5. ГОСТ Р 51750-2001. Энергосбережение. Методика определения энергоёмкости при производстве продукции и оказании услуг в технологических энергетических системах общее положение. М.: ГОССТАНДАРТ РФ, 2001.
6. *Лисиенко В.Г., Щелоков Я.М., Ладычев М.Г.* Хрестоматия энергосбережения: Справочное издание: в 2-х книгах. Книга 1 / Под ред. В.Г. Лисиенко. – М.: Теплотехник, 2005. - 688 с
7. *Алексеев В.В.* Энерготовар и рынок // Энергосбережение в сельском хозяйстве. Тезисы докл. конференции. М.: ВИЭСХ, 2000.- Часть 1.- С. 151.

УДК 631.371:621.1

СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЁМКОСТИ СЕЛЬХОЗПРОДУКЦИИ И ВВП РОССИИ

Е.О. Алхазова, д-р техн. наук И.И. Свентицкий,
канд. мед. наук И.А. Антуфьев
(ГНУ ВИЭСХ)

Анализируются причины высокой себестоимости сельскохозяйственной продукции и товаров народного потребления. Показано, что отставание РФ по энергоемкости ВВП вызвано также научно-техническими и социально-экономическими причинами. Водогрейные котельные и иные автономные теплогенераторы как в сельской местности, так и в малых и средних городах морально и физически устарели, их необходимо модернизировать в микро- и мини-ТЭС с когенерацией тепловой энергии и использованием тепловых насосов. Оптимизация подобных причин могла бы повысить энерговооруженность народного хозяйства и снизить себестоимость продукции.

Ключевые слова: *энергетика, энергоёмкость продукции, когенерация, тепловой насос, эксэргетический анализ, эксэргетический КПД.*

The article analyses the reasons for the high cost of agricultural products and consumer goods. It is shown that the backlog of the Russian Federation on the GDP energy intensity is also caused by the scientific-technical and socio-economic reasons. Hot water boiler rooms and other autonomous heat generators as in rural areas, as well as small and medium-sized cities are morally and physically obsolete, they need to be upgraded in micro - and mini-thermal power plants with cogeneration of heat energy and the use of heat pumps. Optimization of reasons such as these could increase the power capacity of the national economy and reduce production costs.

Keywords*: energy, the energy intensity of production, cogeneration, heat pump, exergy analysis, exergy efficiency.*

С первым проявлением мирового энергетического кризиса в конце 60-х – начале 70-х гг. XX-го столетия начался поиск показателей, характеризующих результативность использования топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) при производстве как отдельных видов продукции, так и внутреннего валового продукта (ВВП). В начальном докладе Римского клуба «Пределы роста» [1], а затем в работе П.Л. Капицы [2] было выявлено, что ТЭР принципиально ограничивают развитие основных сфер производства, а наиболее информативным показателем эффективности использования ТЭР является энергоемкость производства отдельных видов продукции и/или ВВП страны в целом.

Результаты первых расчетов изменения энергоемкости сельскохозяйственной продукции зарубежными [3] и отечественными [4] исследователями показали ускоренный рост энергоемкости сельскохозяйственной продукции по мере интенсификации ее производства. Ещё в 70-х гг. XX-го столетия была установлена более высокая энергоемкость отечественной сельскохозяйственной продукции по сравнению с аналогичной продукцией передовых стран: продукции растениеводства – в 2-2,5 раза, животноводства – в 2,5-4 раза.

Несмотря на интенсивные исследования отечественных ученых по снижению энергоемкости сельскохозяйственной продукции в последние десятилетия этот показатель принципиально не улучшился. Очень высокое отставание по энергоемкости ВВП РФ свидетельствует о низкой эффективности использования ТЭР не только в отечественном сельском хозяйстве, но и в других сферах жизнедеятельности. С переводом аграрного производства РФ на частнособственническую основу большая часть ТЭР, потребляемых в сельской местности, приходится на быт и личные подсобные хозяйства [5]. Основную часть их затрачивают на отопление помещений и получение горячей воды через автономные котельные и иные теплогенераторы, которые не вырабатывают электроэнергии и не производят работы. Эксэргию (потенциальную превратимость в работу или электроэнергию) топлива, затрачиваемого в этих преобразователях, практически не используют. Энергетическая эффективность использования этой части ТЭР очень низка.

По данным международной энергетической ассоциации (МЭА) в 2006 г. самая низкая энергоемкость ВВП была в Японии. Если принять значение ВВП Японии за единицу, то индекс энергетической эффективности использования ТЭР в иных странах был следующим: в Великобритании – 1,4; Германии – 1,75; Франции – 1,9; США – 2,1; Индии – 8,0; Китае – 9,0; России – 18,1.

В малых, средних и некоторых крупных городах РФ значительную часть потребляемых в них ТЭР (≈ 45 %) также используют в подобных автономных теплогенераторах, а электрическую энергию потребляют из централизованной электросети. В начале развития классической термодинамики ее начинатель С. Карно высказал в 1824 г. проницательное предупреждение: «использование энергоносителя только для нагрева, не взяв от него работы, – это преступление». Упомянутые большие объемы ТЭР, потребляемых в РФ и используемых только для получения низкотемпературного тепла, свидетельствуют об отсутствии учёта этого предупреждения в РФ.

Актуальность оценки энергоемкости продукции и ВВП

Очень высокая энергоемкость ВВП РФ в значительной мере обусловлена более суровыми климатическими условиями по сравнению с Японией и некоторыми иными странами с низкой энергоемкостью. В то же время отставание РФ по энергоемкости ВВП вызвано также научно-техническими и социально-экономическими причинами. Это видно, например, из результатов исследований по динамике временного изменения энергоемкости ВВП различных стран и регионов за период с 1970 по 2005 гг., приведенных в работе директора Института энергетической стратегии В.В. Бушуева [6] (рис. 1).

Плавный ход линий, отражающих динамику снижения этого показателя для большинства стран и регионов, не случаен. Линия, показывающая динамику изменения энергоемкости отечественного ВВП (рис. 1, линия 5), принципиально отличается. Если в 1970 г. значение энергоемкости ВВП в СССР было на уровне среднемирового значения этого показателя (линия 6), то в 2005 г. энергоемкость ВВП РФ была примерно в 3 раза выше ее среднемирового значения и в 5 раз выше ее значения в западноевропейских странах (линия 2).

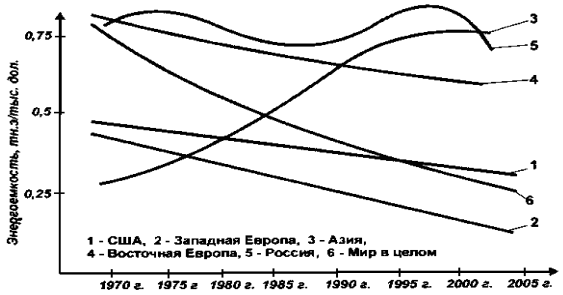


Рис. 1. Динамика энергоёмкости ВВП различных стран и регионов мира [6, с. 271]

Отсутствие ожидавшегося закономерного снижения энергоемкости ВВП РФ в 90-е гг. XX-го столетия объяснимо ненормальным состоянием отечественного производства в связи с социально-экономической перестройкой. Из-за высокой энергоемкости сельскохозяйственной продукции существенно возрастает ее себестоимость. Ещё в 1999 г. топливно-энергетическая составляющая в себестоимости сельскохозяйственной продукции в целом для Челябинской и Свердловской областей достигала соответственно 46 и 42 % [7] (табл. 1).

Таблица 1. Расчет составляющей затрат на ТЭР в себестоимости сельскохозяйственной продукции для условий Челябинской и Свердловской областей в 1999 году [7]

Основные показатели		Челябинская область	Свердловская область
Реализовано продукции (млн. руб.)		5160	3840
При этом израсходовано:			
дизельное топливо	тыс. тонн	170	116
	на сумму (млн. руб.)	680	464
автобензин	тыс. тонн	70	58
	на сумму (млн. руб.)	420	340
машинные масла	тыс. тонн	9	6
	на сумму (млн. руб.)	180	120
электроэнергия	млрд. кВт/ч	1,5	0,9
	на сумму (млн. руб.)	300	135
Угля и газа на сумму (млн. руб.)		400	270
Общие затраты на ТЭР (млн. руб.)		1980	1329
Общие затраты на производство продукции при прибыли 20 % (млн. руб.)		4300	3200
Топливно-энергетическая составляющая затрат в себестоимости сельскохозяйственной продукции, %		46% = (1980/4300) × 100%	42% = (1329/3200) × 100%

Для сельскохозяйственного производства этих областей 1999 год был относительно благополучным. Стоимость ТЭР в 1999 г. была в 2-2,5 раза ниже, чем в 2005-2006 гг. Из-за высокой энергоемкости отечественная сельскохозяйственная продукция становится всё менее конкурентоспособной на международном рынке. В западно-европейских странах топливно-энергетическая составляющая в себестоимости сельскохозяйственной продукции 10-12 %, а производительность труда в 8-10 раз выше, чем в РФ. В настоящее время в сельской местности РФ проживает примерно 37 млн. человек. В связи с сокращением сельскохозяйственного производства число безработных в селе возрастает.

По предварительному энергетическому обследованию потребителей энергии села и ЖКХ малых и средних городов выявлена близость их общего традиционного энергообеспечения: электроснабжение – от централизованной электросети, теплоснабжение – от автономных водогрейных котельных или иных низкотемпературных теплогенераторов, не вырабатывающих электрической энергии. Соотношение потребности в электрической и тепловой энергии основных потребителей села и ЖКХ соответственно составляет 20-25 % к 80-85 % в зависимости от климатических условий. Водогрейные котельные и иные автономные теплогенераторы как в сельской местности, так и в малых и средних городах морально и физически устарели, их необходимо модернизировать в микро- и мини-ТЭС с когенерацией тепловой энергии и использованием тепловых насосов (ТН). Тепловые насосы – наиболее высокоэффективные преобразователи электрической энергии в низкотемпературную тепловую энергию. Они позволяют использовать наиболее доступный и возобновляемый источник энергии – теплоту окружающей среды. ТН обеспечивают снижение теплового загрязнения среды от энергоустановок.

По предварительным расчетам, такая модернизация энергообеспечения потребителей села и ЖКХ в масштабах РФ позволит к 2020 г. снизить энергоемкость ВВП РФ на 40-45 % по сравнению с этим показателем в 2007 г. Уровень снижения энергоемкости при этом соответствует предусмотренному указом Президента РФ «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики» от 4 июня 2008 г. № 889 [8]. Этим указом установлены «стимулирование хозяйствующих субъектов, применяющих энергосберегающие и экологически чистые технологии», а также «поддержка и стимулирование реализации проектов использования возобновляемых источников энергии». Модернизация энергообеспечения потребителей АПК и ЖКХ будет способствовать исполнению Федерального закона РФ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ» от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ [9].

Общеизвестно, что эффективность экономики большинства отраслей производства определяется научно-техническим и социально-экономическим уровнем развития энергетики. Модернизация крайне отсталой энергетики отечественных АПК и ЖКХ требует больших материальных затрат. В то же время несвоевременная модернизация энергетики АПК и ЖКХ и иных жизненно важных сфер производства обрекает их экономику на недопустимо низкий уровень эффективности. Осознанием этого особо важного обстоятельства, очевидно, можно объяснить тот факт, что в названии закона и в первой его главе (ст. 1-4) не содержится никаких упоминаний об экономической стороне энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

Нельзя не заметить принципиального различия содержания названных указа и закона. Цель указа – снижение к 2020 г. энергоемкости ВВП РФ на 40 % по сравнению с 2007 г. и «обеспечение рационального и экологически ответственного использования энергетических ресурсов». Как ясно из названия указа, эта цель достигается мерами «по повышению энергетической и экономической эффективности российской экономики».

Необходимость более чёткого понимания показателей энергетической эффективности энергопреобразователей

В законе, очевидно неслучайно, нет упоминаний о показателях (критериях) энергетической эффективности преобразований энергии: КПД, КПИ, коэффициент преобразования теплоты, холодильный коэффициент и т.п. Казалось бы, что без этих коэффициентов принципиально затруднена количественная оценка энергетической эффективности использования топливно-энергетических ресурсов. Однако исчерпывающее объяснение этого понятия, приведенное в п. 4 ст. 2 закона, позволяет устранить эту трудность. Согласно п. 4 ст. 2 [9]: «Энергетическая эффективность – характеристика, отражающая отношение полезного эффекта от использования энерге-

тических ресурсов к затратам энергетических ресурсов, произведенным в целях получения такого эффекта, применительно к продукции, технологическому процессу, юридическому лицу, индивидуальному предпринимателю».

Обоснованность использования этого обобщенного показателя энергетической эффективности видна из следующего примера. В недавно выпущенном издательским домом МЭИ учебнике «Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях» [10] приведены общепринятые показатели энергетической эффективности теплоэнергетических преобразователей, но без должного объяснения их особенностей: КПД водогрейного котла, вырабатывающего только низкотемпературную теплоту, равного 90-95 %; КПД ТЭС с паротурбинными установками – 35-43 %, с парогазовыми установками – 50-55 %; эксэргетический КПД ТН – 46 %. К сожалению, в [10] нет четкого разъяснения различий этих КПД. Судя по их значениям, можно прийти к выводу о том, что водогрейный котел имеет самое высокое значение КПД и является наиболее энергетически эффективным преобразователем топлива. В действительности это не так, а как раз наоборот. КПД котла, вырабатывающего только низкотемпературное тепло, учитывает лишь первое начало термодинамики – баланс энергии. Им не учитывается второе начало термодинамики, обеспечивающее учёт потенциальной превратимости топлива в работу или электрическую энергию. Термодинамический и эксэргетический КПД водогрейного котла равен нулю.

Очевидно, по причине недостаточно чёткого учёта особенностей показателей энергетической эффективности преобразователей энергии в энергетической стратегии РФ до 2030 г. [11], к сожалению, не учтена наиболее значимая возможность снижения энергоемкости ВВП РФ посредством отмеченной выше модернизации энергообеспечения АПК и ЖКХ, позволяющая принципиально повысить энергетическую эффективность использования топлива в РФ в целом. Морально и физически устаревшие водогрейные котельные и иные низкотемпературные теплогенераторы должны быть заменены на микро- и мини-ТЭЦ с когенерацией тепловой энергии и использованием ТН.

Особенности энергообеспечения в АПК и ЖКХ

Основные показатели энергопотребления в сельском хозяйстве России за период 1990-2007 гг. приведены в [12, с.7, табл. 1]. Большое снижение объемов производства отечественной сельскохозяйственной продукции за период с начала 1990-х гг. до 2000 г. сопровождалось значительным снижением энергопотребления в сельской местности. К 2005 г. потребление в сельскохозяйственном производстве топливно-энерге-тических ресурсов (ТЭР) снизилось более чем на 40 % и составило 1,8 т у.т./чел. Потребление электрической энергии на селе сократилось с 103 до 60 млрд. кВт·ч и составило 1500 кВт·ч/чел. Энерговооруженность труда в сельхозпроизводстве России сократилась с 8000 до 6000 кВт·ч/раб.

В 2007 г. большая часть сельского энергопотребления в России приходилась на быт, личное подсобное хозяйство и сферу услуг – 45,5 млн. т у.т. при суммарном энергопотреблении 68,5 млн. т у.т. Энергообеспечение большей части сельских потребителей осуществляется как и в ЖКХ: электроснабжение – от централизованной электросети, теплообеспечение – от автономных водогрейных котельных или иных теплогенераторов, не вырабатывающих электрической энергии. Примерно половина ТЭР, потребляемых на селе, затрачивается на получение низкотемпературного тепла для отопления и получение горячей воды в основном для бытовых целей. В городских ЖКХ только 36 % обеспечивается тепловой энергией от ТЭЦ, остальную часть низкотемпературной тепловой энергии вырабатывают в крупных и малых котельных и иных автономных генераторах теплоты [10, с. 17], в которых в основном только для этой цели сжигают топливо. В целом по РФ согласно предварительным подсчетам для получения низкотемпературного тепла затрачивается 45-48 % ТЭР, потребляемых в стране.

К сожалению, в настоящее время ряд организаций разрабатывают проекты и проводят строительство водогрейных котельных для отопления и получения горячей воды (например, в Московской области). Это, очевидно, можно объяснить тем, что нередко КПД таких котлов отождествляют с термодинамическим или эксэргетическим КПД ТЭС [10]. Очень редко в РФ используют автономные микро- и мини-ТЭС для автономного энергообеспечения как электрической, так и тепловой энергией. Такое энергообеспечение позволяет существенно снизить затраты ТЭР и принципиально повысить энергетическую эффективность использования ТЭР как в АПК, так и в ЖКХ.

Существенную часть топлива в АПК используют в двигателях внутреннего сгорания автомобилей, тракторов, комбайнов и других

сельскохозяйственных машин. Энергетическая эффективность использования этой части ТЭР зависит от технического совершенства и изношенности двигателей, конструкции которых постоянно совершенствуются и обновляются. К сожалению, в РФ существующий парк этих машин недопустимо изношен, что обуславливает низкую энергетическую эффективность использования в них топлива. Обновление парка этих машин на новые, более совершенные, способствовало бы снижению энергоемкости сельскохозяйственной продукции благодаря повышению энергетической эффективности использования в них ТЭР. В целом в АПК и ЖКХ наибольшего повышения энергетической эффективности использования ТЭР можно достигнуть модернизацией традиционного энергообеспечения потребителей этих отраслей в автономные микро- и мини-ТЭС с когенерацией тепловой энергии и использованием ТН.

Принципиальное отличие КПД водогрейного котла – его определение основано на тепловом балансе

Определение этого КПД основано на использовании только первого начала термодинамики – закона сохранения энергии и эквивалентности ее преобразования. Балансовый метод анализа преобразований энергии не учитывает количественную меру качества различных видов энергии, их взаимную превратимость, т.е. при этом методе не принимается во внимание второе начало термодинамики. На основе этого метода был определен коэффициент полезного использования топлива (КПИТ) котлов и котельных, а также КПД водогрейного котла. Метод определения КПД котла назван «методом обратного теплового баланса» [13]. Балансовые методы определения КПД и КПИТ термодинамически не корректны: ими не учитывается потенциальная превратимость топлива, сгораемого в котлах, в работу или электроэнергию. Чтобы убедиться в этом обратимся к первоисточнику обоснования КПД котлов [13].

Особая важность этого научно-технического вопроса, явившегося первопричиной «беды национального масштаба» в отечественной энергетике, обязывает привести обширную цитату из [12]. Рассматривая определение коэффициента полезного действия котлов, работающих на природном газе, автор [13, с. 266] отмечает следующее: «Тепловой баланс котлов определяется выражением:

$$q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 = 100\%,$$

где q_1 – полезно используемое тепло; q_2 – потери тепла с уходящими газами; q_3 – потери газа от химической неполноты сгорания; q_4 – потери тепла от механической неполноты горения; q_5 – потери тепла в окружающую среду. При работе на газообразном и жидком топливе потери от механической неполноты горения q_4 практически отсутствуют. Потери тепла в окружающую среду не зависят от вида сжигаемого топлива и в большинстве случаев невелики. Они могут быть определены с достаточной точностью по производительности установки. Подсчитывая q_2 и q_3 по данным анализа продуктов сгорания и определяя q_5 по принятым в расчетной практике графикам, можно составить тепловой баланс котла и установить его коэффициент полезного действия, не определяя расход топлива, его состав и теплоту сгорания».

Значения этого показателя теплового баланса несопоставимы со значением КПД термодинамическим или эксэргетическим, которыми учитывается потенциальная превратимость энергии первичного энергоносителя на основе второго начала термодинамики. В строгом понимании, исходя из термодинамики, суммирование даже тепловой низкотемпературной энергии с различной температурой ее содержания неправомочно, т.к. одинаковое количество теплоты с более высокой температурой более эффективно для нагревательных процессов.

Во что может обернуться эта научно-техническая ошибка, видно из следующего. Важным условием вступлением РФ в ВТО является принятие цен на энергоносители в РФ одинаковыми с международными ценами. Самое низкоэффективное использование энергоносителей в РФ – в жилищно-бытовом секторе и сельском хозяйстве, оно более чем в 5 раз хуже, чем в западно-европейских странах, а реальная заработная плата основной массы населения этих стран примерно в 10 раз выше, чем у граждан этой категории РФ. Оставляем читателю самостоятельно подсчитать, во сколько раз реальные затраты на энергетические услуги основного населения РФ будут более отягощенными по сравнению с жителями западно-европейских стран. Смягчить эту ситуацию, очевидно, может должное исполнение указа президента РФ № 889 от 4 июля 2008 г. [8] и Федерального закона Российской Федерации № 261-ФЗ от 23 ноября 2009 г. [9].

Тепловой насос использует возобновляемую теплоту среды. Он наиболее эффективный генератор низкотемпературной теплоты

Возможность создания устройств, подобных ТН, была обоснована ученым лордом Кельвином-Томпсоном в 1852 г. и названа «динамическим отоплением». Наиболее последовательно определение показателя энергетической эффективности ХМ и ТН приведено в научно-популярном труде П. Эткинса [15], исходя из представления о работе ХМ и ТН по обратному циклу Карно, отличающемуся от прямого тем, что «процессы цикла проходят в направлении против часовой стрелки».

Общеизвестно, что работа, совершаемая круговым замкнутым термодинамическим процессом, как по циклу Карно, так и по любому иному, пропорциональна площади графика, ограничиваемой процессами цикла. Площадь этого графика и совершаемая циклом работа зависят только от градиента температур теплоносителя и давления на входе и выходе из машины и совсем не зависят от направления следования процессов этого цикла справа налево или наоборот. У силовых тепловых машин, у которых термодинамический КПД достигает 50-55%, температурные градиенты достигают тысяч градусов, а давление – сотен бар. У ТН и ХМ температурный градиент составляет только 60-70 градусов, а давление – доли бар, но КПД ТН и ХМ достигает несколько сот процентов. Следовательно, термодинамическим циклом Карно и иными термодинамическими циклами невозможно объяснить высокий КПД этих низкотемпературных преобразователей работы или электроэнергии в тепловую энергию. В действительности в ТН и ХМ в качестве рабочего процесса использован высоко энергоэффективный фазовый переход теплоносителя «испарение-конденсация» [16].

Из-за неверного представления о рабочем процессе ТН и ХМ для оценки их энергетической преобразующей эффективности используют соответственно показатели "нагревательный" и "холодильный" коэффициенты. Для доказательства наличия у ТН и ХМ термодинамического КПД и обоснования его аналитического определения мы воспользовались логико-математическим методом и в качестве исходного логического тезиса использовали положение о том, что определение термодинамического КПД тепловой машины, характеризующего энергетическую эффективность преобразования тепловой энергии в работу по формуле Карно, надежно обосновано и эмпирически проверено.

ТН и ХМ предназначены для выполнения обратного процесса (не термодинамического цикла!) – преобразования работы в тепловую энергию – тепло или холод. Поэтому показатель их энергетической эффективности – термодинамический КПД – можно характеризовать величиной, обратной термодинамическому КПД тепловой машины ($\eta_{тм}$). В соответствии с определением обратной величины ей присваивают «результат деления единицы на исходную величину» [17], следовательно, исходя из формулы Карно:

$$\eta_{TH} = \frac{1}{\eta_{TM}} = \frac{T_1}{T_1 - T_0}. \qquad (1)$$

Таблица 2. Фрагмент технической характеристики ТН типа Vitocal

Показатель	Тип ТН			
	WW240	**WW254**	**WW268**	**WW280**
Номинальная тепловая мощность, кВт (рабочая точка W10/W35 в соответствии с EN255)	52,0	73,2	90,2	106,8
Хладопроизводительность, кВт	42,8	60,0	74,0	87,8
Потребляемая электрическая мощность, кВт	9,2	13,2	16,2	19,0
Коэффициент полезного действия	5,6	5,6	5,6	5,6

У всех ТН, фрагмент характеристики которых приведен в табл. 2, минимальная температура на входе составляет +5 ^{o}C, а максимальная температура подачи равна +55 ^{o}C [17]. Подставив в формулу (1) эти значения температур и произведя вычисления, получим значения КПД ТН Vitocal, приведенные в табл. 2. Исходя из вышеприведенного, эти значения и являются термодинамическими КПД ТН. Их, очевидно, целесообразно приводить в технической доку-

ментации, как это сделано фирмой Vitocal. Второй независимый метод определения термодинамического КПД ТН и ХМ возможен на основе значений теплоты фазовых переходов, которые являются основными рабочими процессами в ТН и ХМ.

Значения КПД ТН и ХМ больше единицы, что, казалось бы, противоречит общему определению КПД, но это противоречие имеет современное естественнонаучное объяснение, состоящее в ограниченности приложения второго начала термодинамики только к равновесным системам [13]. Вопросу несогласованности определения КПД ТН и ХМ со вторым началом термодинамики большое внимание уделено В.М. Бродянским с соавторами в книге «Эксэргетический метод и его приложение». Они отмечают [19, с. 137]: «Несравненно более глубокое понимание трудностей общего научного определения КПД проявил акад. А.А. Харкевич. Он писал: «Методические трудности здесь носят фундаментальный характер... Главная из них ... состоит в определении того, что именно следует рассматривать в качестве полезного действия данного устройства, и подыскании количественной меры этого полезного действия». Эту трудность автор считает «просто непреодолимой при теперешнем понимании сущности дела».

Под «теперешним пониманием» А.А. Харкевич как раз и имел в виду «… использование в качестве … значений энергии разных видов, выбранных из энергетического баланса, т.е. в конечном счете, несоответствие понятия коэффициента полезной эффективности (КПЭ) требованиям к КПД. Это привело его к пессимистическому мнению, что «элегантная простота первоначального определения КПД утрачена в области теплотехники невозвратимо». Действительно, первоначальное определение КПД (effect utile), введенное в науку (конец XVIII – начало XIX вв.) французскими учеными Карно, Навье и другими, было элегантно простым: КПД определялся отношением полученной работы к затраченной. Поскольку объектом оценки были механические и гидравлические машины, такое определение было вполне строгим и отвечало условию – КПД был всегда меньше единицы. Сопоставляемые величины были качественно однородны – работа на входе и работа на выходе. Однако, как только этот подход был перенесен «в область теплотехники» – на тепловые машины, где сопоставлялись качественно различные виды энергии теплота и работа, «элегантная простота» действительно была утрачена, ибо единый КПД превратился в разные коэффициенты преобразования, не отвечающие комплексу требований к КПД». Неверное представление о рабочем процессе ТН и ХМ и использование для определения их энергетической эффективности коэффициентов "нагревательного" и "холодильного" вместо КПД, очевидно, обусловило пренебрежительное отношением к ТН в РФ. И как следствие этого производство и использование ТН не получило должного развития.

Эксэргетический анализ преобразований энергии – наиболее надёжный метод оценки эффективности преобразователей

С 80-х гг. XX-го столетия эксэргетический метод анализа преобразований энергии стало применять подавляющее большинство энергетиков мира вместо энтропийного анализа [14, 18, 19]. Эксэргетический метод имеет ряд преимуществ перед энтропийным. В отличие от величины энтропии, величина эксэргии (е) непосредственно характеризует ту часть общей энергии данного вида ($W_{общ}$), которая может быть преобразована данным типом преобразователя в требуемый вид: работу, электроэнергию или иной ее вид:

$$e = W_{общ} - a\,, \qquad (2)$$

где a – анергия (та часть общей энергии данного вида, которая потенциально не пригодна для преобразования в требуемый вид определенным типом преобразователя [14, 18, 19]).

Величина эксэргии тождественна величине свободной энергии Гиббса, широко применяемой в химии, биохимии и физической химии. Необходимость определения эксэргии – свободной энергии – непосредственно следует из определений закона выживания и принципа энергетической экстремальности самоорганизации и прогрессивной эволюции. Приведем определение этого закона [14]: «Каждый элемент самоорганизующейся природы в своем развитии (индивидуальном, эволюционном) самопроизвольно устремлен к состоянию, обеспечивающему в существующих условиях наиболее полное использование доступной свободной энергии системой того трофического уровня, в которую он входит».

Эксэргетический метод более прост и понятен по сравнению с энтропийным. Он хорошо сочетается с традиционным технико-экономическим анализом [14, 19]. Для тепловых градиентных преобразователей энергии, работающих по циклу Карно, теоретическое значе-

ние величины эксэргии можно определить как произведение теоретического значения термодинамического КПД (η_T) и значения общей энергии:

$$e = \eta_T \cdot W_{общ}. \quad (3)$$

Значение термодинамического КПД характеризует меру совершенства данного типа преобразователя. Для оценки совершенства различных конструкций этого типа преобразователей пользуются значением эксэргетического КПД (η_e), оно определяется соотношением:

$$\eta_e = \frac{W_{ПК}}{\eta_T \cdot W_{общ}} = \frac{W_{ПК}}{e}, \quad (4)$$

где $W_{ПК}$ – полезно полученная энергия, определенная экспериментально при испытании определенной конструкции преобразователя.

Метод эксэргетического анализа преобразований техногенной энергии достаточно хорошо разработан [19]. Его широко применяют энергетики всех стран мира с 1980-х гг. К сожалению, среди отдельных энергетиков РФ имеют место сомнения в целесообразности перехода от энтропийного анализа к эксэргетическому. Чтобы убедиться в том, что эти сомнения вызваны, как правило, недоразумением, рассмотрим кратко характерную недавнюю дискуссию на эту тему в журнале «Холодильная техника». Сторонниками сохранения энтропийного анализа выступили проф. А.М. Архаров и проф. В.В. Сычев (МГТУ им. Н.Э. Баумана) [20]. Преимущество и прогрессивность эксэргетического анализа отстаивал ведущий ученый в области эксэргетического анализа М.В. Бродянский (МЭИ).

В качестве прогрессивного развития энтропийного метода анализа его сторонники в дискуссионной статье рассмотрели метод «энтропийно-статистического анализа реальных энергетических потерь в низкотемпературных и высокотемпературных машинах и установках» [20].

Как видно из рис. 2, позаимствованного из [20], линия 1, отображающая КПД низкотемпературной установки, пересекает границу графика, круто устремляясь вверх при температуре на входе 300 К, что свидетельствует о значительном превышении значения этого показателя – 0,5 – при повышении температуры. Как отмечено выше, он может достигать в обратимом ТН в режиме обогрева – 5,6, а в режиме охлаждения – 4,5.

Из приведенного примера использования энтропийного анализа, дополненного статистически обработанными данными анализа по разработке и эксплуатации двух принципиально различных тепловых преобразователей, можно прийти к ошибочной оценке $\eta_{терм.х}$, отличающейся от реального его значения в несколько раз.

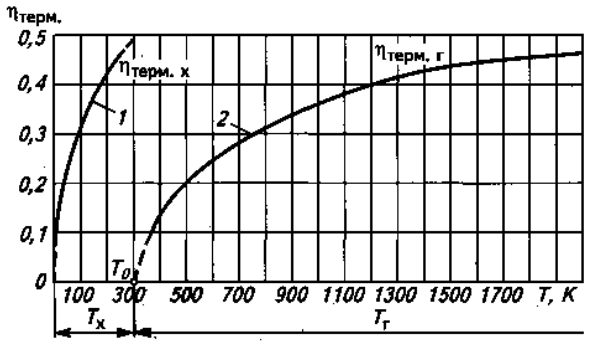


Рис. 2. Среднестатистические (экспериментальные) значения степени термодинамического совершенства энергетических установок (T_0 = 300 К):
1 – низкотемпературные установки для генерации холода при T_X; 2 – теплосиловые установки для генерации работы (электроэнергии) при температуре источника теплоты $T_Г$ [20]

Приходится сожалеть, что при достаточно надежной разработке на международном уровне метода эксэргетического анализа преобразований техногенной энергии имеют место столь значительные ошибки, приводящие в отечественном энергообеспечении к «беде национального масштаба» [21].

Эксэргетический метод анализа преобразований энергии необходимо учитывать при замене котельных и теплогенераторов, не вырабатывающих электроэнергии, на микро- и мини-ТЭЦ. Это позволит 38-50 % теплотворной способности топлива генерировать в электроэнергию и 50-40 % – в тепловую энергию для отопления и получения горячей воды. По мере совершенствования ТЭЦ это соотношение генерируемых ими электрической и тепловой энергии будет изменяться в сторону увеличения электрической энергии и уменьшения тепловой. Однако у наиболее массового потребителя энергии – жилищно-бытового сектора – в общей потребности энергии электрическая нагрузка составляет 20-25 %, а тепловая –70-75 %. Имеет место избыток электрической энергии на автономных мини-ТЭЦ и большой недостаток тепловой. Как восполнить этот недостаток тепловой энергии? Наиболее экономно это возможно только использованием ТН. Современные конструкции обратимых ТН на 1 кВт·ч потреблен-

ной электроэнергии закачивают в обогреваемое помещение до 5,6 кВт·ч тепла или 4,5 кВт·ч – холода. К сожалению, в РФ нет должного отечественного промышленного производства и применения ТН, а изготавливаемые конструкции отечественных ТН по эффективности существенно уступают зарубежным конструкциям.

Если осуществлять реконструкцию существующих котельных и теплогенераторов в масштабах всей РФ без использования ТН, то согласно укрупненным расчетам энергоемкость ВВП в РФ можно уменьшить примерно на 40 %, как и предусмотрено указом президента РФ № 889 [8]. Но при этом РФ по энергоемкости ВВП только приблизится к среднемировому значению этого показателя и будет существенно отставать от передовых стран, в частности, от стран западно-европейского региона, которые, очевидно, будут продолжать снижать энергоемкость своего ВВП быстрыми темпами. Это, например, подтверждают результаты саммита «восьмерки», прошедшего в 2008 г. в Японии, решением которого было предусмотрено снижение выбросов CO_2 в атмосферу к 2050 г. в два раза по сравнению с 2007 г. и, очевидно, соответствующее снижение энергоемкости ВВП. Столь грандиозное прогнозируемое снижение выбросов CO_2 от энергоустановок, несмотря на быстро возрастающую потребность в энергии, обязывает выявить, за счет чего это возможно осуществлять.

Проведенный нами укрупненный эксэргетический анализ эффективности различных видов преобразователей энергии позволил прийти к выводу о том, что наиболее важным направлением достижения цели, предусмотренной саммитом «восьмерки», является применение ТН – наиболее эффективного преобразователя электроэнергии в теплоту, благодаря использованию наиболее доступного возобновляемого источника энергии – теплоты окружающей среды. Это положение подтверждают следующие обстоятельства. В Японии, Германии и других странах с низким значением энергоемкости ВВП примерно 20-25 % производственных и бытовых площадей помещений обогревают (кондиционируют) ТН. В Германии за каждый киловатт введенной мощности ТН государство выплачивает поощрение в размере 400 евро.

В Японии ежегодно изготавливают 3 млн. ТН, а в США – 1 млн. Согласно планам МИРЭК к 2020 г. 70–75% производственных площадей стран, входящих в эту организацию, предусмотрено обогревать ТН. Выявлена возможность, созданы образцы преобразователей теплоты среды непосредственно в электроэнергию на основе использования в них в качестве рабочего процесса самоорганизующихся взаимодействий электрических и магнитных полей соответственно с магнитными и электрическими диполями. ГНУ ВИЭСХ получен патент на подобный преобразователь теплоты среды в электроэнергию. Использование подобных преобразователей перспективно для основательного сокращения затрат на энергообеспечение и соответственно выбросов CO_2 от традиционных энергоустановок, использующих углеводородные энергоносители.

Эксэргетический КПД – показатель энергетической эффективности преобразователя данной конструкции

Теплоэнергетические преобразователи разных видов имеют различные температуры теплоносителя на входе и выходе. Эксэргия различных топлив определяется этими значениями температур. Конструктивные исполнения одного и того же вида преобразователей могут существенно различаться. Для определения эксэргетической эффективности данной конструкции преобразователя используют эксэргетический КПД ($\eta_{экс}$), который равен отношению полезно полученной энергии ($W_{пп}$) к затраченной эксэргии ($e_з$):

$$\eta_{экс} = \frac{W_{пп}}{e_з}. \qquad (5)$$

Значение $W_{пп}$ определяют экспериментально с использованием измерительных приборов. Например, при использовании ТЭР для получения механической энергии (работы) ее измеряют работометром или иным подобным прибором. В случае теплоэлектрического преобразователя $W_{пп}$ электрическую энергию измеряют электроизмерительными приборами.

Принято считать, что электрическая и механическая энергии полностью превращаются в другие виды энергии, поэтому их общая энергия равна их эксэргии. Значения $\eta_{экс}$ всегда меньше единицы. Чем ближе значение этого показателя к единице, тем совершеннее конструкция рассматриваемого преобразователя данного вида. Существенное отличие значения $\eta_{экс}$ от единицы свидетельствует об имеющейся возможности совершенствования конструкции рассматриваемого преобразователя. Обоснованность методики определения как термодинамического (термического), так и эксэргетического КПД тепло-

энергетических преобразователей достаточно надежна и корректна.

Значительную часть электроэнергии используют для освещения, инфракрасного и ультрафиолетового облучений. При этом осветительные лампы и другие источники оптического излучения (ОИ) преобразуют электрическую энергию в энергию ОИ, имеющего квантовую природу. В соответствии с законом квантовой эквивалентности фотоэффект фотофизического, фотохимического и фотобиологического преобразований излучения пропорционален количеству эффективно поглощенных фотонов, а не количеству поглощенной энергии излучения. Поэтому по формуле Карно (2) невозможно определить термодинамический КПД преобразователя сложного (не монохроматического) ОИ. Это принципиально затрудняет определение термодинамического КПД и, следовательно, величины эксэргии ОИ.

Одним из наиболее важных возобновляемых первичных источников энергии является солнечное ОИ (свет). Этот первоисточник перспективен для преобразования его как в электрическую, так и в тепловую энергию. Благодаря процессу фотосинтеза хлорофилл-содержащих растений энергия видимой части ОИ (320-720 нм) солнечного излучения преобразуется в химическую энергию вновь созданных органических веществ. Энергия этих веществ, создаваемых ежегодно на поверхности Земли, во много раз превышает общую ежегодную производимую энергию всех техногенных энергоустановок мира.

Для случая преобразования солнечной энергии через тепловые процессы (в тепло и электричество) термодинамический КПД и, следовательно, эксэргию надежно можно определять на основе формулы Карно.

Для случаев прямого преобразования солнечной энергии сложного (разноспектрального) излучения в электрическую (фотоэлектрические преобразователи) и химическую (фотосинтез растений) энергии определение эксэргии сложного солнечного ОИ в отношении этих энергопреобразующих процессов принципиально затруднено, как показали теоретические исследования [14]. Решить задачу определения термодинамического КПД и эксэргии солнечного ОИ применительно к процессам фотосинтеза и фотоэлектрического его преобразования удалось с использованием эмпирических данных и идеальных моделей преобразователей.

Литература

1. *Meadows D.H., Meadows D.L., Panders J., Behrens W.W. III.* The Limits to Growth. N.Y.: University Books, 1972. P. 70.
2. *Капица П.Л.* Энергия и физика // Вестник АН СССР. 1976. № 1. С. 34-43.
3. Agriculture depends heavily on energy // Chem. and Eng. News. 1974, vol. 52, N10, p. 23 – 24.
4. *Листов П.Н., Свентицкий И.И.* Поисковые инженерные исследования по сельскохозяй-ственной биоэнергетике // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. 1972. № 11. С. 9-11.
5. Энергетическая стратегия сельского хозяйства России на период до 2020 г. / Ю.Ф. Лачуга, Д.С. Стребков и др. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2009.
6. *Бушуев В.В.* Энергетический потенциал и устойчивое развитие. М.: ИАЦ Энергия, 2006.
7. *Епишков Н.Е.* Энергосбережение – базовая технология создания эффективного сельского хозяйства // Вестник энергосбережения Южного Урала. 2001. № 2(3).
8. Указ Президента РФ «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики» от 04.06.2008 г. № 889 // Российская газета. 2008. Федеральный выпуск № 4680.
9. Федеральный закон Российской Федерации «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ.
10. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях: Учебник для вузов / О.Л. Данилов, А.Б. Гаряев, И.В. Яковлев и др.; под ред. А.В. Клименко. – М.: Издательский дом МЭИ, 2010.
11. Энергетическая стратегия РФ до 2030 г. // www.energystrategy.ru.
12. Энергосбережение путем повышения эффективности использования ТЭР в АПК и ЖКХ. Научно-методические рекомендации по определению энергетической эффективности и расчету энергетического оборудования для модернизации энергообеспечения в АПК и ЖКХ. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2011.
13. *Равич М.Б.* Топливо и эффективность его использования. М.: Наука, 1971.
14. *Свентицкий И.И.* Энергосбережение в АПК и энергетическая экстремальность самоорганизации. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2007.
15. *Эткинс П.* Порядок и беспорядок в природе. М.: Мир, 1987.
16. *Свентицкий И.И.* Этого не может быть!? // Топливно-энергетический комплекс. 2005. № 1-2. С. 272-274.
17. *Бочаров В.А., Маркин В.И.* Основы логики: Учебник. М.: ИНФРА-М, 2001.
18. http://www.veissmann.ru
19. *Бродянский В.М.* Эксергетический метод термодинамического анализа. М.: Энергия, 1973.
20. *Архаров А.М., Сычев В.В.* Основы энтропийно-статистического анализа реальных энергетических потерь в низкотемпературных и высокотемпературных машинах и установках // Холодильная техника. 2005. № 12. С. 14-23.
21. *Богданов А.Б.* Котельнизация России – беда национального масштаба? // Энергорынок. 2006. № 3. С. 50-58.

УДК 632.51

ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ ИМПУЛЬСЫ В БОРЬБЕ С БОЛОТНЫМИ СОРНЯКАМИ

В.Н. Топорков
(ГНУ ВИЭСХ)

Предложены математическая модель и метод расчета оптимизации электрических параметров процесса уничтожения клубнекамыша.

Ключевые слова: *уничтожение сорной растительности, энергоемкость процесса, оптимизация электрических параметров*

The mathematical model and the method of the calculation to optimization electric parameter process of the destruction tuber bulrush are offered.

Keywords: *destruction to marsh weed, energy consumption process, optimization electric parameter.*

Для борьбы с сорняками используются гербициды. Однако их дороговизна, недостаточная избирательность, высокая токсичность для полезной микрофлоры, накопление в культурных растениях, продуктах питания и т.д., заставляет искать новые, наиболее экономичные и экологически чистые способы уничтожения сорняков.

Развитие электротехнологий и новых методов для уничтожения сорной растительности в России, США и ряде стран Западной Европы, позволили эффективно использовать и внедрять в сельскохозяйственное производство электрическую энергию переменного тока высокого напряжения и высоковольтных импульсов.

Установлено, что по энергоемкости и эффективности процесса, наиболее перспективно использование высоковольтных импульсов. Однако нет надежных данных об энергии импульса, рабочем напряжении и количестве импульсов необходимых для уничтожения болотных сорняков. В качестве объекта исследований взят клубнекамыш, как наиболее распространенный и трудноуничтожаемый сорняк при безгербицидной технологии возделывания риса. Клубнекамыш и рис выращивались в фитокамере и теплице по методике, разработанной ВНИИриса [1]. Математическая модель и методика исследования включала воздействие высоковольтных импульсов на болотные сорняки с целью обоснования контролируемых и регулируемых параметров процесса и определения эффективного режима работы в целом. Для этого использовали высоковольтный RC - генератор импульсов французской фирмы “Sames”, который обеспечивал амплитуду импульсов до 100 кВ и длительность фронта 0,1-0,5 мкс. По предусмотренной технологии ток на растение подавали через воздушный разрядник и электрод, который касался верхушки растения. Второй вывод высоковольтного генератора подключался к электроду, заглубленному в почву, рядом с сорняком. При измерении электрического сопротивления стебля и корня клубнекамыша пользовались методикой разработанной Червяковым Д.М. [2] Степень повреждения оценивали методом электропроводности, основанном на зависимости импеданса ткани на какой-либо частоте от ее физиологического состояния,

$$S = (1 - \frac{R_1}{R_2})100\%,$$

где S - степень повреждения клубнекамыша, %; R_2 и R_1 - сопротивления растительной ткани соответственно до и после электроимпульсного воздействия.

Установлено, что основными факторами, влияющими на степень повреждения клубнекамыша, являются энергия импульса, амплитуда напряжения и количество импульсов [3]. При степени повреждения больше 90% наступает летальный эффект, стебель засыхает через 5-7 дней. Для обоснования контролируемых и регулируемых параметров и определения оптимальных режимов и уровня варьирования этих факторов проводились предварительные исследования. Получены экспериментальные зависимости степени повреждения клубнекамыша от величины приложенного напряжения, энергии и количества импульсов.

В процессе исследований установлено, что повышение амплитуды напряжения увеличивало эффект обработки. Однако использование напряжения выше 30 кВ нецелесообразно, так как в полевых условиях на рабочих органах при этих напряжениях начинается корона, на-

рушающая технологический процесс. При увеличении энергии и количества импульсов степень повреждения возрастает до определенных пределов, а затем остается неизменной.

Для оптимизации процесса уничтожения клубнекамыша высоковольтным импульсами использовали метод планирования многофакторного эксперимента. В качестве критерия оптимизации принята максимальная степень повреждения растительной ткани S → мах.

Выбор переменных для планирования эксперимента определялся условиями процесса электрообработки клубнекамыша и требованиями, предъявленными к факторам: управляемости, совместимости и независимости [4]. Длительные эксперименты выявили основные факторы, влияющие на процесс и уровни их варьирования:

x_1 - амплитуда импульса 10-30 кВ;

x_2 - количество импульсов 1-40;

x_3 - энергия импульса 1,0-10 Дж.

На рис. 1 приведена зависимость степени повреждения 1,5-месячного клубнекамыша от выявленных основных факторов.

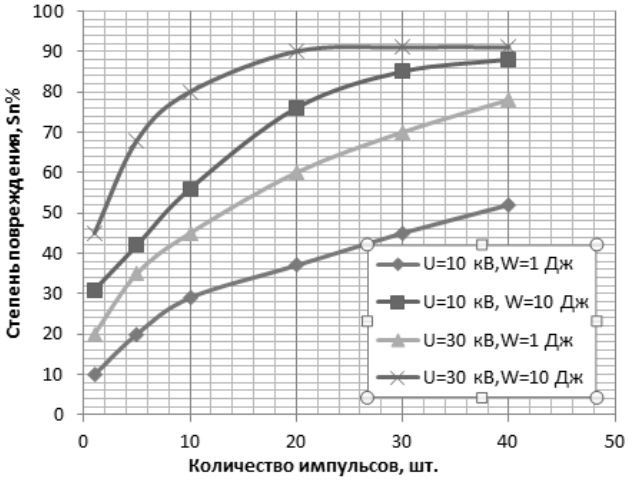


Рис. 1. Зависимость степени повреждения 1,5-месячного клубнекамыша от числа импульсов высокого напряжения

В общем виде уравнение регрессии для трех факторов имеет вид:

$$\hat{Y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{1,2}x_1x_2 + b_{1,3}x_1x_3 + b_{2,3}x_2x_3 + b_{1,2,3}x_1x_2\ x_3.$$

Реализовав матрицу полного факторного эксперимента (табл. 1) и определив коэффициенты регрессии получим уравнение:

$$\widehat{Y} = 51{,}9 + 6{,}6x_1 + 25{,}4x_2 + 11{,}9x_3 + 0{,}63x_1x_2 - 2{,}35x_1x_3 + 0{,}38x_2x_3 - 3{,}37x_1x_2x_3.$$

Таблица 1

№ п/п	Планирование					Расчет			Выход
	x_0	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	$x_1x_2x_3$	$\overline{Y}_N$
1.	+	–	–	–	+	+	+	–	10
2.	+	+	–	–	–	–	+	+	20
3.	+	–	+	–	–	+	–	+	52
4.	+	+	+	–	+	–	–	–	78
5.	+	–	–	+	+	–	–	+	31
6.	+	+	–	+	–	+	–	–	45
7.	+	–	+	+	–	–	+	–	88
8.	+	+	+	+	+	+	+	+	91
Коэф.	51,9	6,6	25,4	11,9	0,63	-2,35	0,38	-3,37	

Для оценки значимости коэффициентов регрессии находим построчную дисперсию $S^2[Y_N^k]$ = 227,8, дисперсию воспроизводимости $S^2[Y]$ = 28,48, дисперсию среднего значения $S^2[\overline{Y}]$, и дисперсию коэффициентов регрессии $S^2[b_i]$ = 0,445. Находим ошибку коэффициентов регрессии $S[b_i]$ = 0,67. Для оценки значимости используем неравенство $b_i > S[b_i]t_p(f)$. Для уровня значимости 0,95 из табл. 13 [5] получаем $t_{95}(56)$ = 2,02.При b_i = 1,35 значимы коэффициенты b_0, b_1, b_2 и b_3, остальные незначимы. Для уровня значимости 0,99 также значимы только коэффициенты b_0, b_1, b_2 и b_3. Следовательно, выход может достаточно точно описываться уравнением регрессии без парных взаимодействий:

$$\widehat{Y} = 51{,}9 + 6{,}6x_1 + 25{,}4x_2 + 11{,}9x_3.$$

Из этого уравнения видно, что все факторы оказывают влияние на степень повреждения клубнекамыша. При проверке адекватности процесса электрообработки клубнекамыша, расчетные значения критериев Фишера оказались меньше табличных (для уровня достоверности 95%), что свидетельствует об адекватности уравнения регрессии. Знаки перед линейными членами уравнений показывают, что увеличение этих факторов приведет к увеличению выхода. Для оптимизации параметров использовали метод крутого восхождения по поверхности отклика в направлении градиента линейного приближения [5]. Для описания участка поверхности отклика 3-х факторов был поставлен полный факторный эксперимент с нулевым уровнем в точках x_1 = 20; x_2 = 20,5; x_3 = 5,5.Единицы варьирования были равны: $\lambda_1 = 10, \lambda_2 = 19{,}5, \lambda_3 = 4{,}5$.

План опыта по крутому восхождению в реальных единицах представлен в табл. 2.

Таблица 2

Вариант	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
x_1	20,0	21,3	22,6	24,0	25,3	26,6
x_2	20,5	30	40,0	50,0	60,0	70,0
x_3	5,5	6,6	7,7	8,8	9,9	10,0

Реализовав эту серию опытов, получили следующие значения выхода:

Вариант	1	2	3	4	5	6
Выход	89,0	90,0	91,0	91,0	91,0	91,0

Как видно, начиная с третьего варианта, дальнейшее изменение значений факторов (движение по градиенту) не приводит к изменению выхода, поэтому этот вариант можно считать оптимальным. Таким образом, для уничтожения 1,5-месячного клубнекамыша оптимальными электрическими параметрами будут следующие:

амплитуда импульса напряжения - U = 22,6 кВ;

количество импульсов на одно растение - 40;

энергия в импульсов - 7,7 Дж.

Таким образом, предложенная математическая модель и метод расчета оптимизации электрических параметров, с целью снижения энергоемкости и повышения эффективности процесса, позволяет обосновать эффективный режим уничтожения клубнекамыша.

Литература

1. *Калинин А.П., Алешин Е.П., Чеботарев М.И.* Агрономическая тетрадь. Возделывание риса по интенсивной технологии. М.: Россельхозиздат, 1987. - 128 с.
2. *Червяков Д.М.* Исследование электрического и механического воздействия на интенсивность сушки травы: Дис… канд. техн. наук. Челябинск, 1978. - 131 с.
3. *Топорков В.Н.* Некоторые энергетические показатели электроимпульсной установки для уничтожения сорняков в посевах риса // Электротехнология в сельскохозяйственном производстве. Тезисы докладов Республиканской научно-практической конференции. Ташкент, 1990. С. 5.
4. *Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.Б.* Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1971. – 283 с.
5. *Ашмарин И.П., Васильев Н.Н., Амбросов В.А.* Быстрые методы статистической обработки и планирование экспериментов. Л., 1975. - 77 с.

УДК 631.563.2

ЭНЕРГОЗАТРАТЫ НА ПРОЦЕСС СУШКИ ЗЕРНА

Д-р техн. наук В.И. Курдюмов,
канд. техн. наук А.А. Павлушин, С.А. Сутягин
(Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина)

Рассмотрена проблема повышения энергетической эффективности существующей зерносушильной техники. Предложена конструктивная схема установки с контактным способом подвода теплоты для сушки зерна. Описан принцип работы предложенного средства механизации. Представлены результаты лабораторных исследований экспериментальной установки для сушки зерна.

***Ключевые слова**: сушка зерна; энергосбережение; контактный способ передачи теплоты; установка для сушки зерна.*

The problem of increasing the energy efficiency of existing grain drying equipment. Proposed structural diagram of the apparatus with the contact method of heat supply for drying grain. The principle of operation of the proposed means of mechanization. The results of laboratory experimental apparatus for drying grain.

***Keywords**: drying grain saving; contact method of heat transfer; plant for drying grain.*

Одной из основных задач обеспечения продовольственной безопасности России является устойчивое развитие производства продовольствия и сырья в объемах, достаточных для обеспечения продовольственной независимости страны. Зерно - стратегически и социально-экономически значимый продукт, по наличию и уровню запасов которого судят о национальной продовольственной безопасности. В России ежегодно производят свыше 70 млн т зерна, до 40 % которого производят фермерские хозяйства. На процессы тепловой обработки зерна приходится примерно 10 % от всего потребления энергии в агропромышленном комплексе развитых стран. Поэтому снижение энергоемкости этих процессов является актуальной задачей во всем мире.

Сушка зерна важный процесс в сельскохозяйственном производстве, своевременное выполнение которого позволяет сохранить качественный зерновой материал в течение длительного времени. Теоретически при сушке зерна для того, чтобы испарить 1 кг влаги при обычных условиях протекания процесса сушки, требуется около 2600 кДж теплоты. Однако в современных зарубежных и отечественных устройствах шахтного и колонкового типа на 1 кг испаренной влаги затрачивается 5000–6000 кДж теплоты.

В настоящее время имеются высокопроизводительные автоматизированные средства механизации процесса сушки зерна. Однако с переходом на рыночную экономику появилась потребность в переработке зерна непосредственно в производящих хозяйствах. Применение существующих зерносушильных установок с большой пропускной способностью нерентабельно в условиях небольших фермерских хозяйств, так как связано с большими капитальными вложениями. Кроме того, существующие установки энерго- и металлоемки, загрязняют зерно и окружающую среду токсичными продуктами горения топлива. Несоответствие имеющейся технической базы условиям обработки зерна непосредственно на предприятии обусловливает необходимость разработки новых технических средств. В связи с этим разработка технических средств заданной пропускной способности, интенсифицирующих процесс сушки зерна с учетом энерго- и ресурсосбережения, а также экологических требований является актуальной и важной научно-технической проблемой.

Нами предложена новая конструктивная схема установки для сушки зерна (рис. 1) [1].

Установка работает следующим образом. Включают нагревательные элементы. После достижения необходимой температуры пластины подают зерно в загрузочный бункер, откуда оно поступает на греющую пластину. Скребки транспортирующего рабочего органа захватывают зерно, верхние слои которого заслонка отсекает и равномерно распределяет по греющей пластине, при этом обрабатываемый материал, вращаясь вокруг своей оси при

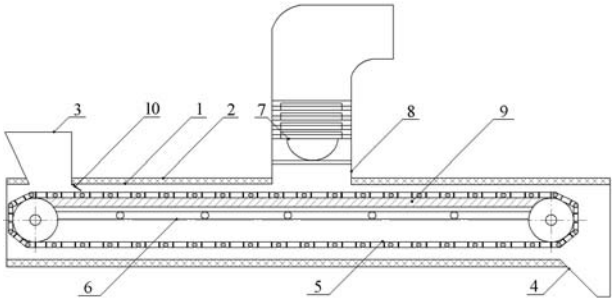


Рис. 1. Установка для сушки зерна:
1 - кожух; 2 - теплоизолирующий материал; 3 - загрузочный бункер; 4 - выгрузное окно; 5 - транспортирующий рабочий орган; 6 - нагревательные элементы; 7 - вентилятор; 8 - воздуховод; 9 - греющая пластина; 10 – заслонка

движении вдоль пластины, перемещается рабочим органом в единичном слое к выгрузному окну. Контактируя с нагретой поверхностью пластины, зерно также нагревается, теряет излишки влаги, которые в виде пара выдуваются через загрузочный бункер и выгрузное окно. Сухое зерно удаляется из установки через выгрузное окно.

Выполнение кожуха прямоугольного сечения теплоизолированным, использование скребкового транспортирующего органа, а также возможность регулирования температуры нагрева греющей пластины за счет применения отдельных нагревательных элементов - все это обеспечивает требуемую равномерность тепловой обработки зерна и семян, а также снижает затраты электрической энергии.

Разработанная установка универсальна, так как использование скребкового транспортирующего рабочего позволяет проводить тепловую обработку зерна и семян различных сельскохозяйственных культур.

Перемещение постоянно перемешивающегося зерна скребковым транспортирующим органом и соединение воздуховода охлаждающего устройства с кожухом на равном расстоянии от загрузочного бункера и выгрузного окна позволяет достичь равномерного обдува движущегося материала воздухом, обеспечивая необходимое качество сушки.

В предложенной установке для тепловой обработки зерна реализован контактный способ передачи теплоты обрабатываемому материалу, который нагревают путем теплопроводности от греющей поверхности и обдувают нагретым воздухом, подаваемым в рабочую камеру установки.

Тепловой баланс процесса сушки зерна характеризует основное уравнение тепло- и влагообмена при контактном способе передачи теплоты зерну в предложенной установке

$$\lambda_Э \frac{t_{гр.ср} - t_з}{h_к} + \alpha_{конв}(t_в - t_з) - c\rho_0 R_v \frac{dt}{d\tau} - rj = 0,$$

где $\lambda_э$ – эквивалентный коэффициент теплопроводности, Дж/(м·с·°С); $t_{гр.ср}$ – средняя температура греющей поверхности, °С; $t_З$ – температура зерна, °С; $h_к$ – толщина контактного слоя, м; $\alpha_{конв}$ – коэффициент теплообмена между воздухом и зерном, Дж/(м^2·с·°С); $t_в$ – температура воздуха, °С; c – удельная теплоемкость зерна, Дж/(кг·°С); ρ_0 – плотность абсолютно сухого зерна, кг/м^3; R_v – отношение объема абсолютно сухого зерна к площади поверхности влажного зерна, м; τ – время тепловой обработки зерна, с; r – удельная теплота парообразования, Дж/кг; j – поток влаги внутри зерна, кг/(м^2·с).

С целью оптимизации режимных энергетических параметров процесса сушки зерна разработана экспериментальная установка для сушки зерна (рис. 2).

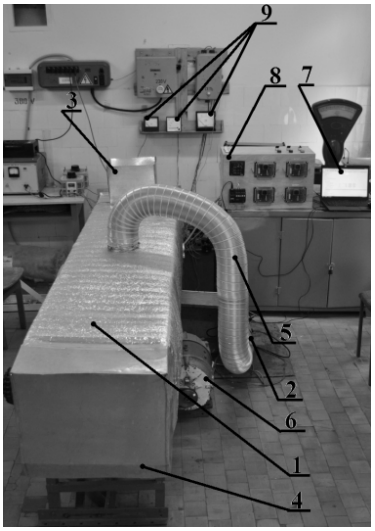


Рис. 2. Лабораторная установка для сушки зерна: 1 – кожух; 2 – электрокалорифер; 3 – загрузочный бункер; 4 – выгрузное окно; 5 – воздуховод; 6 – электродвигатель; 7 – персональный компьютер; 8 – блок автоматического управления температурным режимом; 9 – контрольно-измерительная аппаратура

Для лабораторных исследований процесса сушки зерна в разработанной установке использовали овес сорта «Конкур». В качестве критерия оптимизации принят показатель удельных затрат энергии на 1 кг испаренной влаги $q_{уд}$, кДж/кг$_{влаги}$.

По результатам проведенных лабораторных исследований разработаны адекватные математические модели процесса сушки зерна в разработанной установке. Анализ моделей позволил определить оптимальные значения независимых факторов, при которых удельные затраты энергии на испарение влаги из зерна овса составляют 3873,3 кДж/кг$_{влаги}$: средняя температура греющей поверхности $t_{гр.ср.опт}$ = = 69 °С, время нахождения зерна в установке τ = 40 с, скорость движения воздуха $v_в$ = = 1,33 м/с, температура воздуха $t_в$ = 23,8 °С.

Пропускная способность установки при этом составляет 400 кг/ч.

Производственные исследования разработанной установки для сушки зерна показали высокую экономическую и энергетическую эффективность ее применения в технологических линиях по послеуборочной обработке зерна в небольших зернопроизводящих и зерноперерабатывающих предприятиях.

Работа выполнена в рамках Гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых российских учёных МК-2516.2012.8.

Литература

1. Патент РФ № 2436630. Устройство для сушки зерна // БИ. 2011. № 17.

УДК 621.389

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЧАСТОТЫ ДЛЯ РЕЗОНАНСНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В.З. Трубников
(ГНУ ВИЭСХ)

Статья посвящена проблеме разработки статических преобразователей частоты на твердотельной элементной базе для питания резонансных электрических систем передачи электрической энергии на повышенных частотах.

Ключевые слова: *преобразователь частоты, инвертор, резонансная электрическая система.*

The article is devoted to the development of static frequency transformers on the solid-state element base to supply resonant electrical systems for transmission of the electrical energy at heightened frequency

Keywords: *converter of the frequency, inverter, resonance electric system.*

Резонансные способы передачи электрической энергии на токах повышенных частот, предложенные Н. Тесла еще в 1897 году, в широких инженерных кругах остаются малоизвестными до настоящего времени [1].

На промышленных частотах (50 Гц, 60 Гц) в протяженных линиях передач резонансные явления начинают самопроизвольно развиваться при приближении длин линий к 2500–3000 км. При этом в линии возбуждается пространственный резонанс, при котором вдоль линии неуправляемо возникают полуволны амплитуд напряжения и тока. При нагрузках более натуральной пучность напряжения располагается в середине линии, а пучности тока оказываются на концах [2]. Такое поведение амплитуд напряжения и тока существенно осложняет эксплуатацию протяженных линий электропередач, тем более, что интенсивность явления резонанса резко изменяется при вариации нагрузки. По-видимому, этот факт стал причиной потери интереса у специалистов к резонансным линиям передачи, несмотря на то, что они, как оказалось [3], обладают целым рядом несомненных достоинств, заключающихся в повышении пропускной способности линий электропередач, снижении материалоемкости и уменьшении капиталовложений при строительстве, снижении электрических потерь при передаче энергии, а также снижении затрат при эксплуатации. Кроме того, освоению резонансных методов передачи электрической энергии в известной мере мешало отсутствие надежной, промышленно освоенной технологии производства скоростных сильноточных ключей. За последние десятилетия проблемы производства как однонаправленных, так и двунаправленных токовый ключей в большой степени преодолены, что и послужило возобновлению интереса к резонансным электрическим системам (РЭС) [4].

Одним из основных элементов в комплекте оборудования для РЭС является источник электрического тока повышенной частоты – преобразователь частоты (ПЧ) с регулируемыми частотой и амплитудой напряжения на выходе.

Особенность работы ПЧ в составе РЭС состоит в том, что нагрузкой для них является резонансная электрическая цепь с индуктивными и емкостными элементами. Задачи, решаемые ПЧ в схемах питания РЭС – генерация тока с формой, близкой к синусоидальной в резонансной цепи с изменяемым в широком диапазоне сопротивлением нагрузки, обеспечение «мягкой» коммутации силовых электронных ключей, улучшение электромагнитной совместимости РЭС с другими техническими средствами и окружающей средой.

Ниже представлены результаты работ по созданию ПЧ мощностью 50 кВт с полупроводниковыми ключами на базе *IGBT* – транзисторов в инверторном звене.

Структурно представленный ПЧ является параллельно-последовательным резонансным инвертором с достоинствами схем инверторов напряжения с последовательным и параллельными резонансными контурами. Как показали испытания, инвертор нормально работал в широком диапазоне нагрузок от номинальных значений до холостого хода.

Блок-схема электрических соединений основных компонентов ПЧ мощностью 50 кВт представлена на рис. 1.

Выходной силовой каскад ПЧ выполнен в виде трех инверторных мостов на *IGBT*-столбах с рабочим напряжением 1200 В и предельным током в импульсе 150 А (тип *SRM* 150 *GB* 123*D*, *SEMIKRON*). *IGBT*-столбы установлены на предварительно отполированные поверхности двух алюминиевых охладителей. Посадка на

поверхность охладителя осуществлена через теплопроводящую пасту. На каждом из охладителей установлено по три столба.

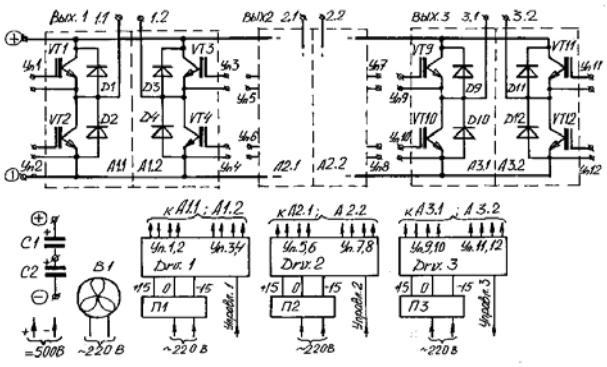


Рис. 1. Блок-схема электрических соединений компонентов ПЧ

В звене постоянного тока применены силовые электролитические конденсаторы 3300 мкф, 450 В фирмы *PHILIPS*. По постоянному току ПЧ питается от выпрямительного устройства, которое здесь не рассматривается.

Управление затворами *IGBT* транзисторов осуществляется с помощью драйверов SKHI 60H 4,0 *SEMIKRON*, конструктивно размещенных на трех самостоятельных платах. Драйверы обеспечивают питание управляющих цепей *IGBT*, контроль длительности “мертвого времени”, контроль режима насыщения коллекторного перехода, а также гальваническую “развязку” цепей затворов катодных и анодных транзисторов между собой и с цепями низковольтных устройств, формирующих управляющие сигналы. Электрическая прочность “развязки” – 4,0 кВ. В производстве плат использована технология поверхностного печатного монтажа с последующей защитой электропроводящих поверхностей и установленных на них активных и пассивных электронных и электротехнических компонентов. Платы драйверов питаются напряжением (+15В)-0-(–15В) от вторичных источников питания фирмы “Ирбис”.

Выходные цепи силовых инверторных мостов могут быть запараллелены или разъединены, обеспечивая питанием таким образом электрически объединенные или разъединенные нагрузки (в том числе и нагрузки разной мощности). Каждый из мостов обладает выходной мощностью до 18 кВт, при электрически запараллеленном режиме обеспечивается мощность до 50 кВт. Предусматривается возможность управления ключами с фазовым сдвигом во времени на 120 электрических градусов. Этот режим работы предполагается использовать при исследовании особенностей работы группы из трех ПЧ, с подачей энергии в один резонансный энергетический канал.

Корпус ПЧ выполнен из листового железа толщиной 2 мм, он конструктивно “завязан” по бокам на алюминиевые охладители с вертикальными, конвективно охлаждаемыми окружающим воздухом, ребрами.

Внутри корпуса имеются высоконадежные продувочные вентиляторы для выравнивания температур на тепловыделяющих элементах, а так же для исключения образования “карманов” с перегретым воздухом. Температура охладителей контролируется терморезисторами.

Спереди корпус герметично закрывается крышкой с уплотнением, обеспечивающим защиту на уровне IP-20. Корпус ПЧ покрыт коррозионно-стойкой краской, устойчивой к поражению грибком. Внешний вид ПЧ представлен на рис. 2.

Рис. 2. Внешний вид преобразователя частоты

Проведены предварительные испытания ПЧ.

Блок-схема стенда для предварительных испытаний ПЧ приведена на рис. 3. Здесь *A, B, C, N* – силовая электрическая трехфазная сеть (3х380) В, 50 Гц. *П* – устройство для подключения испытательного стенда к силовой сети. *Тр1* – трехфазный трансформатор. Клеммы *a*2, *b*2, *c*2 предназначены для подключения к выходным обмоткам трехфазного трансформатора *Тр1* низкочастотного трехфазного выпрямителя *В1*. Вольтметр постоянного тока *V* служит для контроля выпрямленного напряжения, подаваемого на вход испытуемого ПЧ. *Л1* ÷ *Л31*– лампы накаливания, выполняющие роль активной нагрузки. *Пч2* – *SVO*37 *H-4U RUS* – русифицированная версия преобразователя частоты (Южная Корея) с высокочастотным выпрямителем на входе для преобразования электрической энергии

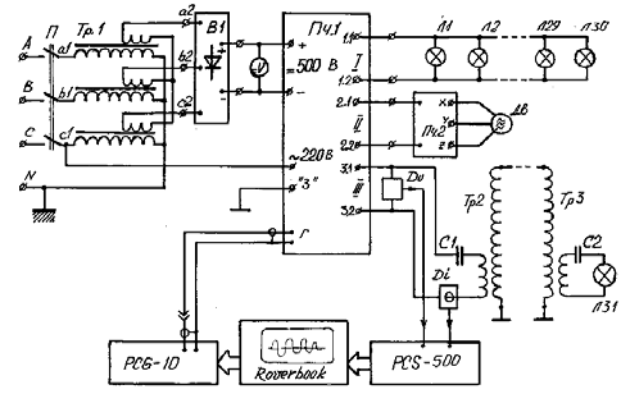


Рис. 3. Блок-схема соединений узлов при проведении испытаний преобразователя частоты

повышенной частоты в промышленный стандарт (3х380) В, 50 Гц для питания трехфазного асинхронного двигателя ДВ. *Тр2*, *Тр3* – резонансные трансформаторы мощностью 20 кВт. *С1*, *С2* – электрические конденсаторы для организации резонансного возбуждения передающего *Тр2* и принимающего *Тр3* резонансных трансформаторов. *Du*, *Di* – датчики напряжения и тока, служат для наблюдения формы напряжения и тока. Диапазон рабочих частот датчика *Du* 0÷250 кГц. Тип датчика *LEM*-100. Прочность электрической “развязки” между испытуемыми цепями и выходами датчиков 2,5 кВ, питание от двуполярных источников постоянного напряжения ± 15 В, фирмы “Ирбис” (на блок-схеме не указаны). *PCS*-500 – цифровой двухканальный осциллограф. *PCG*-10 – цифровой генератор управляющих *Пч1* сигналов. *PCS-500* и *PCG*-10 управляются ноутбуком, *Roverbook*. *PCS*-500, *PCG*-10 и *Roverbook* питаются от сети переменного тока 220 В, 50 Гц через автономные адаптеры (на блок-схеме не указаны).

Получены следующие результаты испытаний. Выходные параметры:

– форма напряжения – меандр;

– форма тока при нагружении на резонансную нагрузку – синусоидальная;

– напряжение на выходе ПЧ при номинальной нагрузке по амплитуде меандра – не менее 480 В;

– частотный диапазон выходного тока 0,5 Гц ÷20 кГц.

Секционирование энергии на выходе ПЧ:

– три автономных выхода с индивидуальными энергетическими возможностями не менее 18 кВт;

– общая выходная мощность не ниже 54 кВт;

– коэффициент полезного действия не хуже 0,97.

Указанный КПД достигнут за счет того, что коммутация силовых ключей производится при переходе выходного тока через нуль.

Виды защит:

– защита от сквозных токов в ключах инверторных мостов;

– защита от неполного открывания ключей;

– защиты от КЗ по выходам мостов;

– обеспечивается “мягкий” пуск при автономном режиме работы ПЧ.

Управление:

– управляющие импульсы генерируются персональным компьютером.

Защита от воздействия окружающей среды: уровень защиты *IP*-20.

Конструкция корпуса защищена патентом РФ на полезную модель N 42728 “Устройство защиты от внешних воздействий и стабилизации температуры электрической схемы” [5].

Разработанный ПЧ предполагается использовать в качестве экспериментального источника питания при исследованиях режимов работы резонансных электрических систем, а именно:

– при разработке методов увеличения передаваемой мощности резонансной сетью;

– при экспериментальных исследованиях режимов работы ПЧ с трехфазной резонансной сетью;

– при отработке методов конструирования инверторных мостов с точки зрения оптимизации температурных режимов;

– при наработке экспериментального материала с целью формирования перечня практических рекомендаций для создания надежного, не нуждающегося в сложном регламентном обслуживании оборудования для резонансных энергосистем, способных функционировать при температурах от – 30^0С до + 50^0С.

Для натурного макетирования, испытаний и конструкторской корректировки узлов ПЧ был разработан и изготовлен испытательный стенд, по структуре представляющий собой экспериментальную резонансную электрическую систему мощностью 30 кВт [6, 7].

Стенд включает в себя все элементы типовой резонансной системы для передачи электрической энергии, а именно, на передающей стороне: управляемый по частоте ПЧ; повышающий резонансный трансформатор; передающую линию длиной 0,475 км; на приемной

стороне: понижающий резонансный трансформатор; нагрузочный модуль, содержащий 30 электрических однокиловаттных ламп накаливания. Лампы объединены в группы с возможностью регулирования величины нагрузки.

ПЧ работает с изменяемым напряжением в звене постоянного тока. С этой целью во входном модуле стенда кроме ПЧ имеются два устройства, обеспечивающие возможность задания в звене постоянного тока любого напряжения в диапазоне (0 ÷ 520) В.

При исследованиях узлов для систем с мощностью не выше 20 кВт используется трехфазный регулируемый трансформаторный вход и нерегулируемый выпрямляющий мост Ларионова. При исследованиях узлов резонансных систем мощностью до 30 кВт используется автономный, регулируемый по углу открывания, тиристорный двухполупериодный трехфазный мост. Выпрямленное напряжение при этом подается непосредственно на конденсаторную батарею звена постоянного тока ПЧ стенда, минуя нерегулируемый выпрямляющий мост Ларионова на его силовом входе.

Повышающий резонансный трансформатор выполнен в виде многослойной катушки с внешним диаметром 900 мм, намотан медным проводом сечением 1 мм^2, тип ПВВ-1, в полиэтиленовой изоляции с внешним диаметром по изоляции 8 мм. Поверх повышающей обмотки намотана катушка накачки. Сечение провода катушки накачки 25 мм^2. Катушка накачки подключается к выходу ПЧ через разделительный конденсатор 1,5 мкФ. Конденсатор не только защищает выход ПЧ от нештатных ситуаций (короткое замыкание) при исчезновении управляющего напряжения на ключах, но и обеспечивает резонансный режим накачки трансформатора.

Передающая линия выполнена тем же проводом, что и высоковольтная обмотка повышающего трансформатора (ПВВ-1).

Понижающий трансформатор на приемной стороне выполнен аналогично передающему, обеспечивая при этом симметричность преобразования напряжения вдоль канала передачи энергии. Концы высоковольтных обмоток передающего (повышающего) и принимающего (понижающего) трансформаторов, прилежащие к низковольтным обмоткам, заземлены. Высоковольтные (внутренние) выводы резонансных трансформаторов соединены с передающей линией. В местах выхода линии из испытательного зала использованы проходные керамические изоляторы.

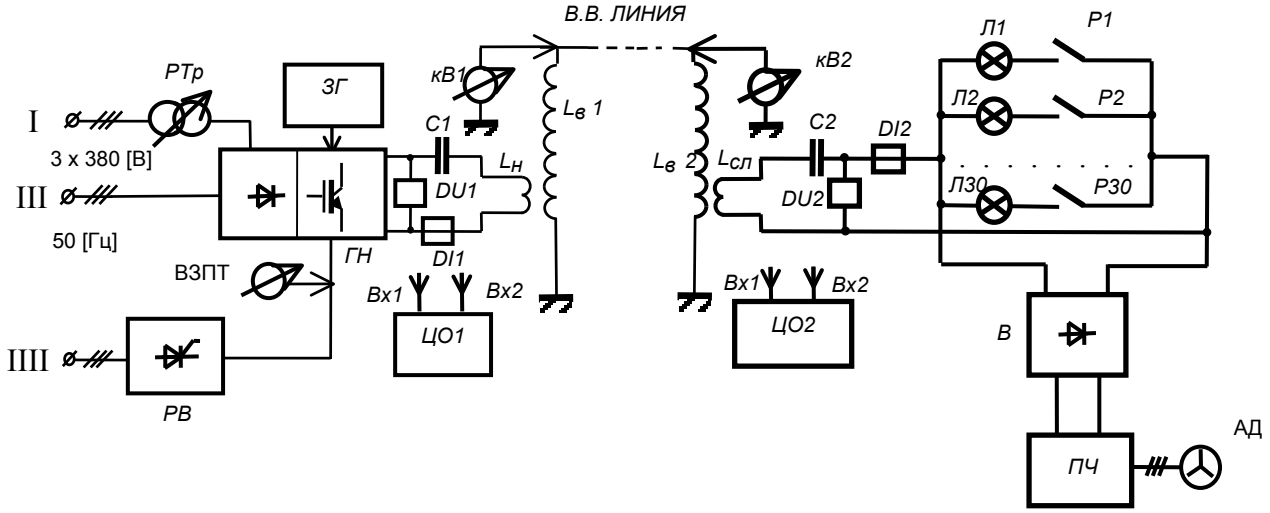


Рис. 4. Блок-схема экспериментальной резонансной системы передачи электрической энергии

Блок-схемы передающего и принимающего модулей стенда резонансной системы передачи электрической энергии приведены на рис. 4. Здесь: *I, II, III* – варианты подачи трехфазного питающего напряжения, *РТр* – регулируемый трехфазный трансформатор, *ГН* – преобразователь частоты, *ВЗПТ* – вольтметр в звене постоянного тока ПЧ, *РВ* – регулируемый тиристорный выпрямитель, *ЗГ* – задающий генератор звуковой частоты, *С1*, *С2* – конденсаторы в цепях накачки и слива энергии, *ДI1*, *ДI2* – датчики тока в цепях накачки и слива, $L_н$, $L_{сл}$ – катушки накачки и слива, $L_в$ *1* – высоковольтная передающая катушка, *В.В. ЛИНИЯ* – резонансная высоковольтная линия, $L_в$ *2* – высоковольтная принимающая катушка, *кВ1*, *кВ2* – киловольтметры на передающей и принимающей сторонах, *ДU1*, *ДU2* – датчики напряжения в цепях накачки и слива, *Р1 ÷ Р30* – рубильники нагрузочного модуля, *Л1 ÷ Л30* – киловаттные нагрузочные лам-

пы накаливания, *В* – высокочастотный выпрямитель, *ПЧ* – преобразователь частоты, *АД* – асинхронный двигатель, *ЦО* – двухканальный цифровой осциллограф.

При экспериментах фиксировались величины токов в катушке накачки и в нагрузке, а также напряжения в высоковольтной линии и в звене постоянного тока ПЧ при различных питающих напряжениях со стороны силового входа резонансной сети.

Перед началом экспериментов система передачи энергии путем изменения частоты на задающем генераторе настраивалась в резонанс. При резонансе форма тока накачки принимала синусоидальную форму. На рис. 5 приведен пример снятых на стенде зависимостей напряжения на высоковольтной линии от величины питающего напряжения переменного тока на входе системы при различных величинах нагрузки. Резонансная частота составляла 4,7 кГц.

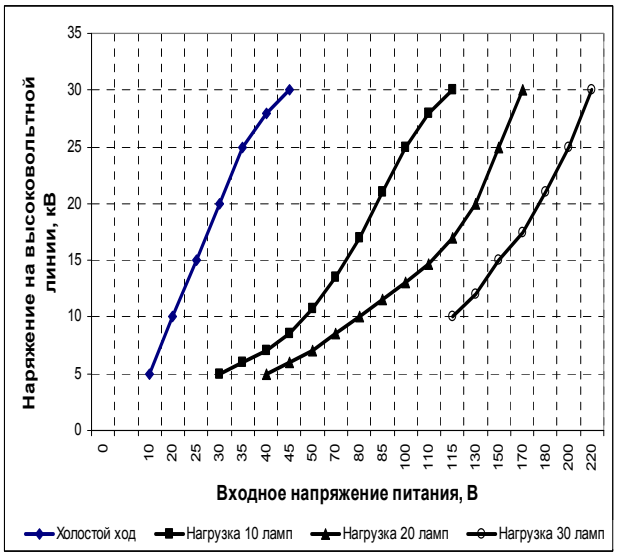


Рис. 5. Зависимость напряжения на высоковольтной линии от фазного напряжения на входе резонансной системы

Внешний вид входного модуля экспериментальной резонансной системы с ПЧ представлен на рис. 6. На рис. 7 показан повышающий трансформатор. Понижающий трансформатор внешне ничем не отличается.

При испытаниях и настройке стенда промоделирован режим совместной работы на активную нагрузку (лампы накаливания) и на промышленные инверторы-преобразователи для управляемого привода на базе асинхронных двигателей.

Рис. 6. Входной модуль стенда

Рис. 7. Повышающий трансформатор

Выводы

1. Разработан и изготовлен экспериментальный образец трехканального ПЧ с регулируемой рабочей частотой до 20 кГц, номинальной выходной мощностью 50 кВт. ПЧ способен питать от одной до трех резонансных систем передачи электрической энергии и позволяет опытным путем проверить теоретические наработки по созданию резонансных сетей с фазностью более одной.
2. Для экспериментальной проверки функционирования вновь разрабатываемых узлов резонансных электрических сетей изготовлен стенд – резонансная система передачи электрической энергии мощностью 30 кВт, позволивший в опытном режиме эксплуатации оптимизировать конструкцию силового узла ПЧ мощностью 50 кВт.

Литература

1. US Patent № 593138. Electrical transformer / Tesla N. 02.11.1897.
2. *Рыжов Ю.П.* Дальние электропередачи сверхвысокого напряжения: учебник для вузов. М.: Издательский дом МЭИ, 2007. С. 110–119.
3. *Соколов Н.И., Соколова Р.Н.* Возможности применения полуволновых линий электропередачи повышенной частоты // Электричество. 1999. №2. С. 1–27.
4. *Стребков Д.С., Некрасов А.И.* Резонансные методы передачи и применения электрической энергии. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2008. – 352 с.
5. Патент на полезную модель РФ № 42728. Устройство защиты от внешних воздействий и стабилизации температуры электрической схемы./ Трубников В.З., Константиниди В.К. // БИ. 2004. № 34.
6. *Некрасов А.И., Стребков Д.С., Трубников В.З.* Резонансная система передачи электрической энергии мощностью 30 кВт. // III Конференция – 2008 «Консолидация усилий электроэнергетики и электротехники в условиях роста инвестиций. Перспективные технологии и электрооборудование» (28–29 мая 2008 г., Московская обл.). Доклад П-4.09. ТРАВЭК. ВЭИ, 2008.
7. *Стребков Д.С. Некрасов А.И., Трубников В.З.* Резонансная система передачи электрической энергии // Материалы Всероссийской научно-технической конференции «Электроэнергия: от получения и распределения до эффективного использования». Томск: ТПУ, 2010. С. 205–207.
8. *Трубников В.З.* Полуволновые линии передачи электроэнергии на резонансных трансформаторах // Техника в сельском хозяйстве. 2009. № 6. С. 39–41.

УДК 636:631.14.002.5:65.011.56

ПРОЕКТ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОТКОРМА СВИНЕЙ

Д-р техн. наук А.М. Мусин (ГНУ ВИЭСХ)

Предлагается проект технологии откорма свиней, предусматривающий возможность автоматически изменять программу кормления животных по мере роста животных и получать текущую информацию о приросте их массы.

***Ключевые слова**: автоматизация; технологический процесс откорма свиней; нормированное кормление; биологический объект; сыпучие корма.*

Нормированное кормление является обязательным условием эффективности технологического процесса откорма свиней. В “ Нормах и рационах кормления сельскохозяйственных животных” [1] даны рекомендации по кормлению разных животных разного возраста, пола. Эти рекомендации обеспечивают условия получения высокой продуктивности.

Технологические нормы должны дополняться рекомендациями по техническому обеспечению, в которых необходимо указать методы и технические устройства, которые следует применять для реализации предусмотренных технологических операций. На современных фермах основная часть затрат труда приходится на контроль за ходом технологического процесса и управление техническими средствами. Автоматизация отдельных рабочих операций только частично облегчает труд человека по уходу за животными. Комплексная автоматизация позволяет создать интегрированные автоматизированные системы, которые не только облегчают труд человека, но также повышают количество и качество производимой продукции.

Участие биологических объектов в технологических процессах животноводства вносит существенные отличия в содержание и методы технологических решений. Эти особенности должны учитываться при создании систем автоматического управления. При откорме свиней технологический объект изменяется по мере роста животного, параметры и характеристики молочных поросят отличаются от параметров и характеристик взрослых свиней. Другое отличие от технологических объектов неживой природы в том, что на биологический объект сильно действуют внешние факторы (температура и влажность воздуха, концентрация вредных газов и другие факторы). Экспериментально установлено, что в результате действия этих факторов продуктивность животных может снизиться на 30 – 40 %.

Применение различных технических мероприятий позволяет снизить отрицательное действие факторов, зависящих от погодных условий. Но возможности этих мероприятий ограничены. Компенсировать недополучение продукции удается только частично.

Следует различать желаемую (планируемую) и фактическую эффективность технологического процесса. Желаемую (планируемую) эффективность можно рассчитать для оптимальных условий, когда не учитывается действие неуправляемых факторов. Фактическую эффективность можно определить непосредственным измерением конечного результата. Она будет измеряться в зависимости от условий, в которых протекает технологический процесс. Таким образом, ожидаемая эффективность характеризует качество проекта, а фактическая эффективность – результат реализации проекта.

Информация, содержащаяся в “ Нормах и рационах кормлении сельскохозяйственных животных” [1] может быть использована для определения ожидаемой эффективности. Например, в таблице 19 “Программа кормления растущих откармливаемых свиней для получения среднесуточного прироста 850-900 граммов” приведены рекомендуемые дозы сыпучих кормов в зависимости от возраста животных и их живая масса по мере роста. Эти сведения характеризуют ожидаемую эффективность технологического процесса в заданных оптимальных условиях. В реальных условиях под действием неуправляемых факторов (погрешности дозирующих корм устройств, влияния внешней среды) продуктивность ниже ожидаемого значения. Это снижение назовем потерей продуктивности.

В условиях, когда на технологический объект действуют неуправляемые факторы, необходим контроль хода технологического процесса. В промышленных автоматизированных установках различные приборы выдают текущую информацию о состоянии конечного про-

дукта, используя которую, оператор корректирует ход технологического процесса. В современных системах откорма свиней контроль визуально осуществляет оператор. Такой метод контроля не дает возможности с достаточной точностью определять причину потери продуктивности и оценить ее количественно.

Предлагаемый проект предусматривает возможность автоматически изменять программу кормления животных по мере роста животных и получать текущую информацию о приросте их массы.

На рис. 1 представлена структурная схема предлагаемой системы автоматической технологии откорма свиней на сыпучих кормах.

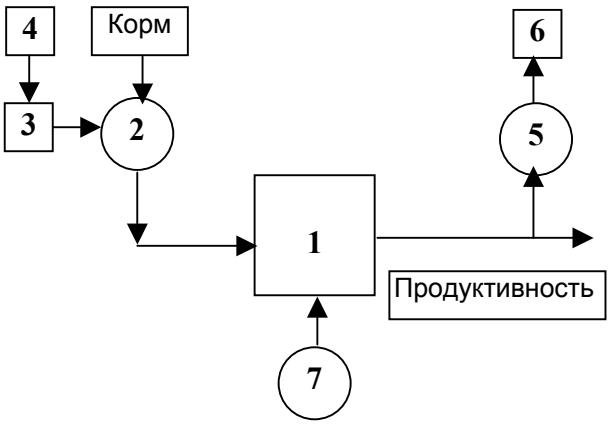


Рис. 1. Структурная схема автоматизированного технологического процесса откорма свиней:
1 – откармливаемые животные; 2 – дозатор сыпучего корма; 3 – управляющая программа; 4 – нормы кормления; 5 – устройство для взвешивания животных; 6 – микропроцессор для обработки результатов взвешивания; 7 – микроклимат в помещении для содержания животных

Дозатор 2, управляемый программой 3, в которую записана норма кормления 4, подает корм животным 1. Нормы кормления составляются соответствующими специалистами. Они определяют оптимальные условия, при которых, рекомендуется содержать животных. В реальных технологических процессах под действием неуправляемых факторов эти оптимальные условия (в особенности параметры микроклимата) нарушаются, что приводит к потере эффективности. Для ее оценки необходимо иметь фактическое значение продуктивности в ходе технологического процесса.

Проект состоит из двух подсистем: программы дозированного кормления и устройства для определения фактического прироста массы животных.

Подсистема дозированного кормления

Принципиальная схема устройства, реализующего предлагаемый способ, показана на рис. 2.

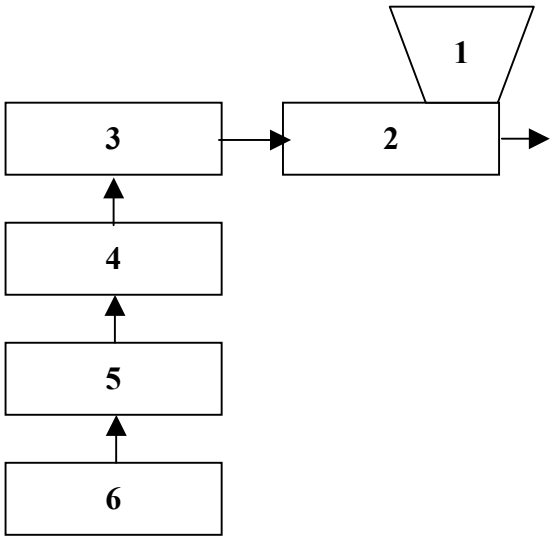


Рис. 2. Принципиальная схема дозатора сыпучего материала:
1 - бункер дозатора; 2 – шнек; 3 – электродвигатель вместе с редуктором; 4 – счетчик оборотов; 5 – микропроцессор; 6 – программа кормления

Число оборотов шнека (доза) задается микропроцессором 5, где записана программа кормления животных 6 в соответствии с “Нормами и рационами кормления сельскохозяйственных животных”. При этом указанные в Нормах цифры количества подаваемого корма в весовых единицах пересчитываются в обороты шнека n путем деления массы корма на количество корма, выдаваемого за один оборот шнека.

Под действием неконтролируемых факторов количество подаваемого материала в единицу времени отклоняется случайным образом от расчетного значения. Согласно теории вероятностей в таких условиях образуется случайный стационарный процесс [2], возможные погрешности которого можно подсчитать.

Дозатор обеспечивает подачу задаваемого управляющей программой 3 количества корма. В отличие от традиционных весовых дозаторов он измеряет количество отпускаемого корма по числу оборотов подающего шнека. Норма корма, заданная в программе кормления [1] или в проекте кормления пересчитывается, количество подаваемого корма выражается в числах оборота подающего шнека. Эта величина записывается в управляющую программу дозатора.

Известно, что емкостные дозаторы работают с большой погрешностью. Ее можно уменьшить, если выдавать дозу корма не за один оборот шнека, а за несколько оборотов, уменьшив количество корма, подаваемого за один оборот.

Количество (доза) выдаваемого корма

$$M = q \cdot n, \quad (1)$$

где q – количество корма, выдаваемого за один оборот шнека; n - число оборотов шнека.

Погрешность дозатора

$$\Delta M = M - Д, \quad (2)$$

где Д – заданная доза.

Создаваемый таким образом поток корма можно рассматривать как случайный процесс, обладающий свойствами стационарности и эргодичности. Это дает основание использовать для анализа положения теории случайных функций [2].

В предлагаемом устройстве погрешность дозирования складывается из двух составляющих

$$\Delta V = \Sigma\Delta v_0 + \Sigma\sigma_f, \quad (3)$$

где ΔV_1 – погрешность дозирования; Δv_0 – математическое ожидание погрешности при подаче всей дозы за один оборот шнека; σ_f – среднеквадратическое значение случайной составляющей погрешности за один оборот шнека.

Сумма математических ожиданий погрешности за n оборотов шнека

$$\Sigma\Delta v_0 = v_0 * n = \Delta V_9, \quad (4)$$

где n – число оборотов шнека; ΔV_0 – суммарная математическая погрешность (неслучайная величина). Ее можно определить при испытании дозатора.

Сумма среднеквадратических значений случайных составляющих

$$\Sigma\Delta\ \sigma_f = \sigma_{0\,/}\, n, \quad (5)$$

где σ_0 – среднеквадратическое значение случайной погрешности при n = 1.

С увеличением n (числа оборотов шнека, при котором выдается такое же количество корма, что и за один оборот шнека) суммарная погрешность снижается до желаемого уровня.

После того как шнек совершит установленное количество оборотов, счетчик оборотов выключает электродвигатель.

Подсистема определения показателей эффективности

В автоматизированных промышленных системах предусмотрен текущий контроль состояния обрабатываемого продукта. В технологии по выращиванию свиней такой контроль отсутствует. О потере продуктивности оператор может судить только в конце процесса откорма, Для своевременного принятия соответствующих мер необходима информация о реакции животных (изменения продуктивности) на влияние неконтролируемых показателей микроклимата.

Микроклимат в животноводческом помещении относится к частично управляемым факторам. Системы отопления и вентиляции не могут полностью компенсировать отрицательное действие погоды на животных. Поэтому их фактическая продуктивность ниже плановой (ожидаемой) продуктивности.

Контроль хода технологического процесса в условиях, когда возмущающее действие действует случайным образом, должен быть по фактическому состоянию объекта управления. Эту задачу выполняет подсистема автоматического взвешивания животных.

В [3, 4] дано описание устройства, обеспечивающего решение такой задачи. Перед автопоилкой устанавливают платформу, на которую встает животное. Его вес фиксируется. Сумма результатов взвешивания, деленная на число взвешиваний, дает среднее значение массы откармливаемых животных. Полученная таким образом информация сравнивается с ожидаемым значением привеса. Результат дает возможность осуществлять текущий контроль процесса откорма.

Электронное устройство 5 (рис. 1), установленное перед поилкой, взвешивает каждое животное при его подходе к поилке. Информация поступает в микропроцессор 6, который обрабатывает полученные сведения и отражает на экране результат. Оператор имеет возможность своевременно получать информацию о ходе технологического процесса.

Литература

1. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: Справочное пособие. М., 2003.
2. *Вентцель Е.С.* Теория вероятностей. М.: Наука, 1964.
3. *Мусин А.М., Филиппенков П.С.* Использование микропроцессорной техники для автоматического взвешивания свиней. // Техника в сельском хозяйстве. 1991. № 4.
4. *Мусин А.М., Шичков Л.П., Филиппенков П.С.* Электротехнология выборочного самовзвешивания свиней при дозированном откорме. // Техника в сельском хозяйстве. 1998. №2.

УДК 621.436

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ РАСХОДОМЕРОВ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

Асп. С.А. Шмелёв
(Подольская МИС, ФГБНУ «Росинформагротех»),
д-р техн. наук Д.С. Буклагин
(ФГБНУ «Росинформагротех»)

Статья содержит анализ технического уровня расходомеров дизельного топлива.

Ключевые слова: *испытания, энергетическая оценка, измерение расхода топлива, расходомер.*

Article contain analysis technical level of diesel fuel flow meter.

Keywords: *testing, energy rating, dimension of fuel flow rate, flow meter.*

На данном этапе развития расходометрии существует достаточно большое количество различных по принципу работы, форме и техническим способностям расходомеров дизельного топлива. Большинство расходомеров, продающихся на отечественном рынке, являются импортными изделиями либо частично, либо полностью. Отечественные расходомеры, к сожалению, уступают импортным, кроме того их количество на рынке сокращается. Рассмотрим некоторые из них.

1. Счетчик расхода топлива ИП-179 и расходомер топлива ИП-197 разработанные в 1989 г. КубНИИТиМ продолжают применяться в системе испытаний, так как они имеют ряд преимуществ даже по сравнению с современными зарубежными расходомерами дизельного топлива. Это заявленная ими относительная погрешность измерений полностью соответствующая ГОСТ Р 52777-2007 и имеющая значение 1,5%. Данные расходомеры были включены в реестр средств измерений и имеют возможность проходить поверку и, следовательно, соответствуют всем требованиям проведения энергетической оценки. Однако ввиду того, что данные расходомеры выпускались более 20 лет назад, у них есть два основных недостатка: во-первых, они считают только прямой расход топлива без учета слива топлива из форсунок; во-вторых, - отсутствие электронного устройства, показывающего на дисплее количество топлива в литрах или килограммах, пересчет импульсов (ходов поршня) приходится осуществлять вручную.

2. Расходомер топлива ИП-204 является развитием приборов ИП-179 и ИП-197, его единственным отличием кроме внешнего вида является то, что он имеет электронный блок, который рассчитывает количество импульсов и самостоятельно умножает их на цену импульса, что позволяет получать расход топлива сразу в литрах. Но так же присутствует недостаток определения только прямого расхода топлива.

3. Счетчик жидкости ШЖУ-25 обладает достаточно высокой точностью, но тоже неудобен для снятия с него показаний и соответственно для проведения энергетической оценки сельскохозяйственной техники. Однако этот прибор позволяет беспрепятственно определять расход топлива при проведении эксплуатационно-технологической оценки сельскохозяйственной техники.

4. Наиболее перспективным прибором для проведения энергетической оценки является EDF 1404 и его отечественные и зарубежные прототипы, такие как ИП-260 (КубНИИТиМ) и DFM (Белоруссия). EDM 1404, производимый Siemens VDO Automotive, имеет приблизительную стоимость около 45 тыс. руб. Эти приборы не включены в реестр средств измерения РФ и, следовательно, поверку проходить не могут. Их заявленная погрешность составляет 1%. Техническая характеристика всех расходомеров представлена в табл. 1.

Кроме всего вышеизложенного необходимо добавить, что разница в погрешности между расходомерами с двумя и одним датчиками прежде всего зависит от типа двигателя и топливного насоса высокого давления (ТНВД), на которые устанавливается расходомер. Существует также множество нюансов, связанных с работой расходомеров с двумя датчиками, к примеру: проведение опытов по энергетической оценке с лопастными расходомерами на тракторах с системой Common Rail в большинстве случаев не дает положительных результатов.

Таблица 1. Технические характеристики расходомеров дизельного топлива

Расходомер	Диапазон измерения расхода топлива, л/ч	Цена импульса датчика, см^3	Погрешность измерения, %
ИП-179	От 5до 100	10	1,5
ИП-197	От 5до 80	10	1,5
ИП-204	От 5 до 60	1	1,5
ШЖУ-25	От 0,72 до 7,2	10	0,25
EDM 1404 (ИП-260)	От 4 до 200	3,1	1

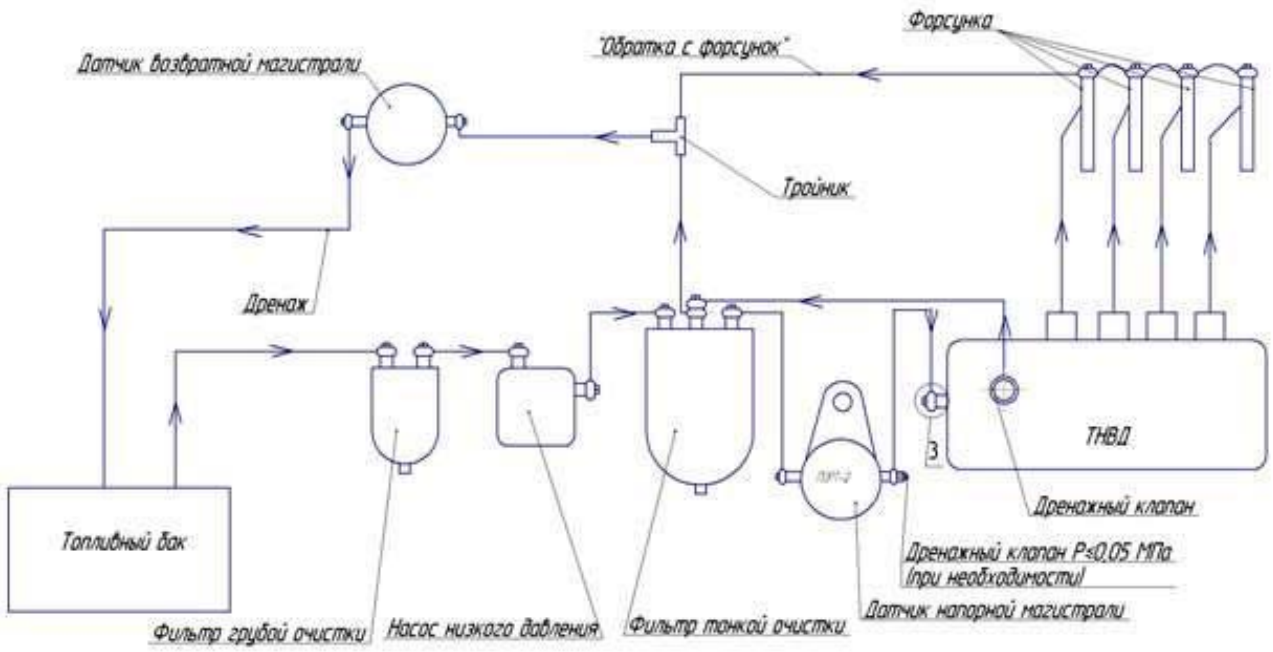


Рис. 1. Схема подключения расходомера с двумя датчиками на двигатель МТЗ

При работе трактора на холостом ходу раскручивается больше датчик слива топлива в бак, и в начале опыта расходомер больше времени показывает ноль. Принципиальная схема подключения расходомера с двумя датчиками представлена на рис. 1.

Из всего вышеизложенного можно сделать вывод, что вышеперечисленные приборы для измерения расхода топлива имеют такие недостатки, как неточность измерений, неудобство эксплуатации, отсутствие учета слива топлива с форсунок и ТНВД, небольшой диапазон измерений и др.

На данном этапе рассмотрения этого вопроса необходима разработка расходомера топлива на основе ИП-204 как наиболее современного отечественного расходомера дизельного топлива, который должен быть дополнен вторым датчиком для учета слива топлива (обратки), а также электронным блоком вычисления разницы расходов в прямой и обратной магистрали.

УДК 621.389

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ ВНЕШНЕЙ ИЗОЛЯЦИИ ДУГОГАСИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА

Асп. А.М. Мамхегов, д-р техн. наук А.И. Некрасов (ГНУ ВИЭСХ), В.З. Трифонов, М.А. Мамхегов (ВЭИ, г. Москва)

Выполнен анализ видов нагрузки в сети и существующих способов гашения электрической дуги дугогасительным устройством выключателя нагрузки. Разработана многоразрывная комбинированная контактная система, позволяющая снизить требования к уровню внешней изоляции дугогасительных устройств закрытого типа при использовании их в составе выключателя нагрузки. Изготовлен и испытан на отключающую способность выключатель нагрузки с дугогасительным устройством закрытого типа.

Ключевые слова: *выключатель нагрузки; дугогасительное устройство; внешняя изоляция; многоразрывная контактная система.*

The analysis of kinds of loading in a network and existing ways of clearing of an electric arch arc control device circuit breakers is made. The multiexplosive combined contact system is developed, allowing to lower requirements to level of external isolation arc control device the closed type at their use in structure circuit breakers. It is made and tested for disconnecting ability circuit breakers with arc control device the closed type.

Keywords: *circuit breakers, arc control device, external isolation, multiexplosive combined contactsystem.*

Увеличение мощностей установок потребителей предъявляет повышенные требования к надежности и качеству коммутационного оборудования, в частности, к выключателям нагрузки. Промышленность применяет в настоящее время сравнительно недорогие и достаточно надежные автогазовые выключатели нагрузки. Дальнейшее совершенствование выключателей нагрузки связано с использованием других прогрессивных способов гашения электрической дуги и развитием многоразрывных контактных систем. Главным препятствием здесь являются большие габариты дугогасительного устройства, обусловленные требованиями к уровню внешней изоляции и дороговизна.

Отключение электрической цепи, осуществляемая электрическими аппаратами, наиболее ответственная разновидность коммутации. Электрические сети и установки имеют активно-индуктивную нагрузку. Условия отключения цепи аппаратом во многом определяется соотношением активного и индуктивного сопротивлений. Увеличение индуктивности цепи делает условия отключения цепей более тяжелыми, приводит к росту угла сдвига фаз между током и напряжением и к повышению скорости восстанавливающегося напряжения. Особые условия создаются при отключении малых индуктивных и емкостных токов. Когда малый индуктивный ток отключается выключателем, последний создает резкие спады тока к нулю задолго до его естественного перехода через нуль. Это дает большие перенапряжения, которые приводят к многократным повторным пробоям промежутка. Отключение емкостного тока также сопровождается повторными пробоями за счет остаточного заряда после первичного перехода через нуль (напряжение может увеличиться в два и более раза). Отметим еще одну особенность, заключающуюся в том, что в процессе отключения в каждой из фаз токи проходят через ноль не одновременно, а со сдвигом во времени. В момент перехода в одной из фаз тока через ноль амплитуда мгновенных значений токов в двух других фаза уменьшается в $\sqrt{2/3}$ раза, а напряжение рвущейся фазы скачком увеличивается в 3/2 раза.

Существует большое разнообразие конструкций дугогасительных устройств, выполненные на базе следующих способов гашения электрической дуги: 1 – растяжением столба открытой дуги расходящимися контактами; 2 – перемещением и удлинением дуги собственным магнитным полем от тока в токоведущих деталях; 3 – перемещением дуги внешним магнитным полем; 4 – разбиением дуги металлическими пластинами, отводящими тепло от дуги; 5 – охлаждением дуги в щелевых камерах из дугостойкого изоляционного материала; 6 – повышением давления в газовой среде, в которой горит дуга; 7 – использованием потока плазмы из

электродов, которые способны выносить энергию из столба электрической дуги; 8 – гашением дуги в трансформаторном масле, в потоке сжатого воздуха, в условиях вакуума, в среде шестифтористой серы SF_6, потоком газов, возникающих при разложении дугой твердого газогенерирующего материала. Часто для гашения электрической дуги применяют два и более последовательно соединенных разрывов. При гашении больших токов используют несколько параллельных контактно-дугогасительных систем в одном полюсе [1]. Другими словами, в коммутационных аппаратах часто применяют многоразрывные контактные системы, в которых разрывы могут быть соединены как последовательно, так и параллельно.

Разделим условно существующие дугогасительные устройства по конструктивным исполнениям на дугогасительные устройства открытого и закрытого типа:

- дугогасительное устройство открытого типа - процесс гашения электрической дуги происходит в открытой оболочке и контактирует с окружающей средой (воздушная гильза, автокомпрессионный цилиндр, автогазовая камера и т.п.);

- дугогасительное устройство закрытого типа - процесс гашения электрической дуги происходит в герметичной оболочке и не контактирует с окружающей средой (вакуумная камера, элегазовый цилиндр, масляный бак и т.п.).

Согласно приведенной классификации, автогазовый выключатель нагрузки представляет собой коммутационный аппарат с многоразрывной контактной системой, содержащий дугогасительное устройство открытого типа. Количество разрывов два, соединены параллельно, но работают в последовательном режиме (рис. 1).

При гашении дуги переменного тока высокого напряжения одним из решающих факторов является восстанавливающееся напряжение [2]. Возрастание скорости восстановления напряжения в современных установках утяжеляет работу аппаратов и повышает требования предъявляемые к ним. Для решения задачи существуют две пути – увеличивать скорость нарастания электрической прочности в дугогасительном устройстве или снижать скорость восстановления напряжения. Первый путь ведет к дорогим и громоздким техническим решениям. Второй путь является более экономичным. Для снижения скорости восстановления напряжения используются шунты.

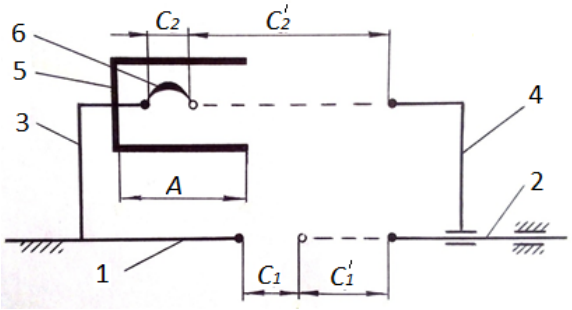


Рис. 1. Многоразрывная параллельная контактная система с дугогасительным устройством открытого типа:
1 - главный неподвижный контакт; 2 - главный подвижный контакт; 3 -дугогасительный неподвижный контакт; 4 - дугогасительный подвижный контакт; 5 - дугогасительное устройство открытого типа; 6 - электрическая дуга

Рассмотрим принцип действия низкоомного шунта на примере конструкции выключателя нагрузки. Аппарат имеет два разрыва. Разрыв первый между главными контактами шунтирован дугогасительным контуром, который являет собой активное сопротивление $R_ш$. Величина этого сопротивления подбирается таким образом, чтобы колебательный процесс восстановления напряжения перевести в апериодический

$$R_ш < 1/2\sqrt{L/C}, \qquad (1)$$

где L - индуктивность; C - емкость цепи.

Обычно сопротивление $R_ш$ незначительно, поэтому емкостью C можно пренебречь. Тогда получим

$$u = E(1-e^{-tR_ш/L}), \qquad (2)$$

где u - восстанавливающееся напряжение; E - ЭДС источника; t - время.

Наибольшая скорость будет при t = 0

$$v=_{t=0}= ER_ш/L\ , \qquad (3)$$

где v - скорость восстанавливающегося напряжения.

Применением шунтирующего сопротивления малой величины можно настолько снизить скорость восстановления напряжения, чтобы гашение дуги в первом разрыве практически не зависело от собственной частоты сети. Возможный максимальный пик восстанавливающегося напряжения при этом также существенно снижается. Таким образом, для снижения скорости восстановления напряжения на первом разрыве следует иметь малое значение $R_ш$. Как правило, дуга в первом разрыве гаснет при первом прохождении через нуль. После этого расходятся контакты второго разрыва (дугогасительные контакты) и между ними горит дуга, которую гасит дугогасительное устройство. Сопротивле-

ние $R_ш$ также облегчает работу дугогасительного устройства, так как снижает ток и уменьшает сдвиг фаз между током и напряжением, что уменьшает в свою очередь восстанавливающееся напряжение промышленной частоты.

Таким образом, конструкция автогазового выключателя нагрузки с дугогасительним устройством открытого типа имеет контактную систему с двумя разрывами, соединенных параллельно, но работающих последовательно. Рис. 1 иллюстрирует работу автогазового выключателя в процессе отключения. Вначале расходятся главные контакты на фиксированный промежуток C_1, затем начинается расхождение дугогасительных контактов, между которыми горит дуга. Промежуток C_2 – это расстояние, пройденное подвижным дугогасительным контактом за время горение дуги. Дальнейшее расхождение контактов и образование промежутков C'_1 и C'_2 обусловлено созданием видимого разрыва.

Сохраняя принципиальную схему работы автогазового выключателя нагрузки заменим его дугогасительное устройство открытого типа на дугогасительное устройство закрытого типа. Для создания полной аналогии введем в дугогасительный шунтирующий контур дополнительный разрыв. Получена последовательно-параллельная или комбинированная многоразрывная контактная система.

Принцип работы выключателя нагрузки с закрытым дугогасительным устройством аналогичен принципу работы выключателя нагрузки с дугогасительным устройством открытого типа (рис. 2). Здесь также вначале расходятся главные контакты на тот же фиксированный промежуток B_1, затем начинается расхождение дугогасительных контактов, между которыми горит дуга. Промежуток B_2 это расстояние, пройденное подвижным дугогасительным контактом за время горение дуги. Дальнейшее расхождение контактов и образование промежутков B'_1 и B'_2 обусловлено созданием видимого разрыва. Параметр А – характерный размер, зависящий от расстояния внешней изоляции по воздуху дугогасительного устройства.

Данный подход иллюстрирует универсальную конструкцию выключателя нагрузки с многоразрывной контактной системой, позволяющую использование различных способов гашения дуги с дугогасительными устройствами, как открытого, так и закрытого типов. При этом существенно снижаются требования к уровню внешней изоляции дугогасительных устройств при их использовании в составе выключателя нагрузки.

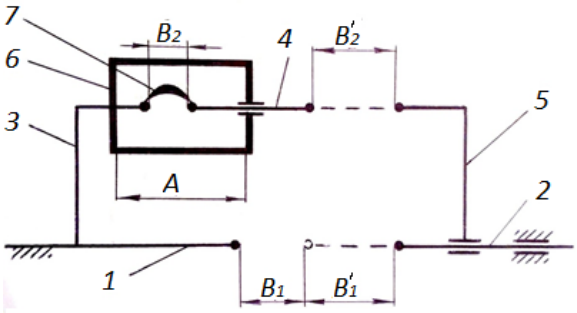


Рис. 2. Многоразрывная комбинированная контактная система с дугогасительным устройством закрытого типа:
1 - главный неподвижный контакт; 2 - главный подвижный контакт; 3 - дугогасительный неподвижный контакт; 4 - дугогасительный подвижный контакт; 5 - размыкающий подвижный контакт; 6 - дугогасительное устройство закрытого типа;
7 - электрическая дуга

По результатам расчетно-экспериментальных работ был изготовлен образец выключателя нагрузки с дугогасительным устройством закрытого типа. В качестве дугогасительного устройства закрытого типа использована вакуумная дугогасительная камера с пониженным уровнем изоляции для данного случая. Проведены испытания изготовленного образца на отключение преимущественно активного тока, как в однофазном, так и в трехфазном режимах. Данные испытаний показали положительные результаты.

Выводы

1. Выполнен анализ видов нагрузки в сети и существующих способов гашения электрической дуги дугогасительным устройством выключателя нагрузки.
2. Разработана многоразрывная комбинированная контактная система, позволяющая снизить требования к уровню внешней изоляции дугогасительных устройств закрытого типа при использовании их в составе выключателя нагрузки.
3. Изготовлен и испытан на отключающую способность выключатель нагрузки с дугогасительным устройством закрытого типа.

Литература

1. *Чунихин А.А.* Электрические аппараты высокого напряжения. М.: Информэлектро, 1996.
2. *Таев И.С.* Электрические аппараты. М.: Энергия, 1977.

УДК 621.383

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СОЛНЕЧНОГО ЭЛЕМЕНТА ПРИ МАЛЫХ И ПОВЫШЕННЫХ УРОВНЯХ ОСВЕЩЕННОСТИ

Академик Россельхозакадемии Д.С. Стребков, канд. техн. наук Б.А. Никитин, канд. техн. наук В.А. Гусаров, асп. П.В. Тихонов, д-р техн. наук В.В. Харченко (ГНУ ВИЭСХ)

Работа посвящена вопросу определения теоретического предельного значения КПД кремниевого фотопреобразователя при стандартном солнечном излучении АМ 1,5 (1000 Вт/м^2). Критерием оценки теоретической максимальной мощности преобразователя взята концепция существования на p-n переходе разности потенциалов U_{xx0} при нулевом уровне освещенности, что предопределяет форму и структуру теоретической вольтамперной характеристики при некоторой освещенности. Теоретическая ВАХ представляется в виде двух участков: линейного (горизонтального) до U_{xx0} и экспоненциального (выше U_{xx0}). Для малых уровней освещенности преобразователя, к которым следует отнести и стандартное солнечное излучение, точка перехода одного участка ВАХ в другой является оптимальной.

Ключевые слова: *солнечный элемент, солнечная радиация, вольтамперная характеристика, эффективность.*

The study is devoted to definition of theoretical limiting value of efficiency of silicon solar cells at standard solar radiation AM 1,5 (1000 W/m^2). As the criterion of an assessment of theoretical maximum of a solar cell has taken the concept about existence on p-n junction of potential U_{xx0} at a zero level light exposure that predetermines the form and structure of theoretical current-voltage characteristic at some light exposure. Theoretical current-voltage characteristic is represented in the form of two parts: linear (horizontal) until U_{xx0} and exponential (above U_{xx0}). For low levels of light exposure of the solar cell to which it is necessary to reckon in the standard sunlight, a point of one part current-voltage curve transition to another one is optimum.

Keywords: *solar sell, solar radiation, current-voltage characteristic, efficiency.*

Основным параметром эффективности работы фотопреобразователя является его КПД. Измерение этого коэффициента осуществляется обычно при стандартном уровне освещённости (1000 Вт/м^2), спектр которого директивно утверждён Международным Электротехническим Комитетом (МЭК) и опубликован в [1].

С целью повышения энергосъёма с единицы рабочей поверхности фотопреобразователя используется концентрированное солнечное излучение, в несколько раз превышающее стандартный уровень. При этом нередко высказывается мнение, что с ростом уровня освещённости фотопреобразователя растёт и его КПД. Данная работа посвящена изучению этого в опроса на модели теоретической (идеализированной) вольтамперной характеристики (ВАХ) фотопреобразователя при различных уровнях его освещённости. Под теоретической ВАХ фотопреобразователя следует понимать такую взаимозависимость тока и напряжения, которая соответствует равному нулю последовательного сопротивления солнечного элемента и равному бесконечности его шунтирующего сопротивления.

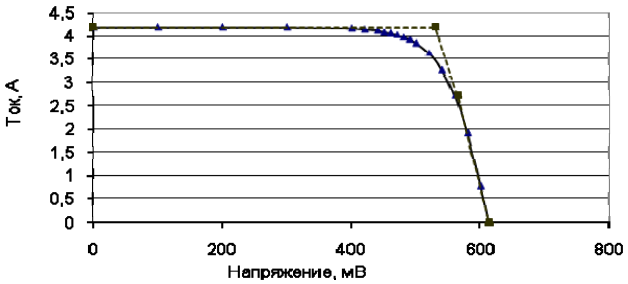


Рис. 1. Характерный вид теоретической ВАХ кремниевого фотопреобразователя (пунктирная линия) в сопоставлении с реальной ВАХ, снятой при стандартном уровне освещённости и температуре 25°С. Измеряемый кремниевый фотопреобразователь производства ВИЭСХ псевдоквадратной формы 125×125 мм, с площадью рабочей поверхности 1,48 дм^2

Довольно близкой к теоретической ВАХ конкретного преобразователя является экспериментально снятая зависимость его напряжения холостого хода от уровня освещённости в пределах от нуля до стандартного 1000 Вт/м^2. При этом ось уровня освещённости трансформируется в ось тока, полагая согласно [2] линейную

зависимость фототока (тока короткого замыкания) от мощности светового потока. На рис. 1 показана реальная ВАХ кремниевого преобразователя и соответствующая ей теоретическая, то есть идеализированная ВАХ.

Анализ рисунка показывает, что теоретическая ВАХ фотопреобразователя состоит как бы из двух участков. Первый участок представляет собой прямую (горизонтальную) линию, что соответствует постоянству тока на уровне тока короткого замыкания при напряжениях от нуля до величины, близкой полуширине запрещённой зоны полупроводникового материала данного преобразователя. Второй участок ВАХ – это участок резкого снижения тока (вплоть до нуля) преобразователя при дальнейшем увеличении напряжения. Реальная ВАХ преобразователя расположена внутри теоретической ВАХ, имея с последней общие точки (в точках замеров тока короткого замыкания и напряжения холостого хода).

Экспериментально установлено, что зависимость напряжения холостого хода преобразователя от уровня его освещённости имеет экспоненциальный характер. Эмпирическое выражение этой зависимости имеет вид:

$$Uxx = \frac{1}{2}\left(\frac{E_g}{q} - \frac{3}{2}\frac{kT}{q}\right)\left(2 - e^{\frac{-R_x}{k_0 R_0}}\right), \qquad (1)$$

где E_g - ширина запрещённой зоны полупроводника; k - постоянная Больцмана; T - температура абсолютная; q - заряд электрона; R_0 - удельная мощность светового потока при стандартном уровне освещённости; R_x - удельная мощность светового потока при заданном уровне освещённости; k_0 - характеристический параметр экспоненты, он же индивидуальный коэффициент преобразователя, показывающий, во сколько раз необходимо повысить уровень освещённости относительно стандартного, чтобы модуль степени приведённого выражения стал равным единице.

Этот коэффициент зависит: от степени затенения рабочей поверхности преобразователя контактной сеткой, от коэффициента отражения рабочей поверхности (даже содержащей просветляющее покрытие), от толщины легированного слоя преобразователя и, наконец, от времени жизни неосновных носителей зарядов в базовом слое преобразователя.

Как следует из приведённого выражения (1), при нулевом уровне освещённости преобразователя напряжение холостого хода U_{xx0} не будет равным нулю. Его величина для кремниевых преобразователей и при стандартной температуре 25°С измерений оценится:

$$U_{xx0} = \frac{1}{2}\left(\frac{E_g}{q} - \frac{3}{2}\frac{kT}{q}\right) \approx 0{,}53B\ . \qquad (2)$$

Это обстоятельство подтверждается теорией формирования потенциального барьера на границе перехода полупроводника из n-типа проводимости в p-тип в условиях отсутствия неравновесных носителей зарядов, то есть отсутствия засветки.

Зависимость плотности тока короткого замыкания преобразователя, считая его весьма близким к плотности фототока, от мощности светового потока R_x опишется выражением:

$$i_{кз}=k_I R_x, \qquad (3)$$

где k_I - коэффициент связи плотности фототока с уровнем освещённости для исследуемого преобразователя.

Поскольку напряжение холостого хода и плотность тока короткого замыкания преобразователя однозначно зависят от выбранного уровня его освещённости, а теоретическая ВАХ предусматривает отсутствие влияния на неё последовательного и шунтирующего сопротивлений преобразователя, саму теоретическую ВАХ преобразователя можно описать параметрическим выражением, то есть системой уравнений:

$$i_i=k_i(R_{max}-R_i) \qquad (4)$$

$$U_i=U_{xx0}(2-\exp(-R_i/k_0R_0)), \qquad (5)$$

где R_{max} - выбранный (максимальный) уровень освещённости; R_0 - стандартный уровень освещённости преобразователя; i_i - текущее значение плотности тока преобразователя; U_i - напряжение, соответствующее текущему значению плотности тока; R_i - уровень освещённости, соответствующий напряжению U_i; U_{xx0} - напряжение холостого хода преобразователя при нулевом уровне освещённости; k_0 - характеристический параметр экспоненты исследуемого преобразователя.

На рис. 2 представлена в общем виде теоретическая ВАХ кремниевого фотопреобразователя при некотором уровне освещённости, который обозначим символом R_{max}.

В точке М вольтамперная характеристика имеет излом, связанный с переходом прямолинейного горизонтального участка в ниспадающий экспоненциальный. Величина тока короткого замыкания преобразователя определится выбранным уровнем освещённости R_{max} преобразователя согласно выражению (4), (параметр системы уравнений R_i в этом случае равен нулю). Величина напряжения холостого хода определится согласно выражению (5), параметр

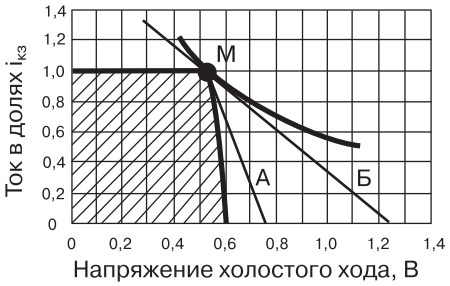


Рис. 2. Теоретическая ВАХ (заштрихованная область) кремниевого фотоэлектрического преобразователя при некотором (R_{max}) уровне освещённости в сопоставлении с гиперболой (i U= Const), касающейся области ВАХ в точке М, в точке перехода прямолинейного горизонтального участка в экспоненциальный.

Прямая А – касательная в точке М к экспоненциальному участку ВАХ. Прямая Б – касательная в точке М к гиперболе

системы уравнений при этом R_i достигнет максимальной величины, то есть величины R_{max}. КПД преобразователя согласно определению будет рассчитываться по максимуму произведения тока и напряжения данной ВАХ. При относительно невысоких уровнях освещённости преобразователя (до уровня нескольких солнц) оптимальной точкой рассматриваемой ВАХ будет точка М, что обусловлено резким снижением плотности тока на её экспоненциальном участке. Для сравнения и дальнейших расчётов через эту же точку М проведена гипербола F=iU=Const.

Из анализа рис. 2 следует, что касательные в точке М к экспоненциальному участку ВАХ и к гиперболе имеют различные углы наклона относительно оси напряжений. Значит, проведённая через точку М гипербола не касается экспоненциального участка ВАХ, а пересекает его. Тангенс угла наклона в некоторых точках кривых определяется величиной первой производной функций в этих точках. В нашем случае представляется возможным рассчитать эти производные в точке М для экспоненциального участка ВАХ преобразователя и для гиперболической функции.

Производные тока и напряжения по параметру R_i для экспоненциального участка теоретической ВАХ определятся:

$$\frac{di_i}{dR_i} = -k_i \; ; \qquad (6)$$

$$\frac{dU_i}{dR_i} = \frac{U_{xx0}}{k_0 R_0} e^{\frac{-R_i}{k_0 R_0}} \; . \qquad (7)$$

Сама производная плотности тока по напряжению составляет

$$(i_i)'_U = \frac{di_i}{dU_i} = -\frac{k_i}{k_U} k_0 R_0 e^{-\frac{R_i}{k_0 R_0}} \; . \qquad (8)$$

В точке М, где R_i=0, производная экспоненты определится:

$$(i_i)'_M = -\frac{k_i}{k_U} k_0 R_0 \; . \qquad (9)$$

Производная гиперболической функции в точке М:

$$(i_i)'_M = -\frac{k_i}{k_U} R_{max} \; . \qquad (10)$$

Отношение производных плотности тока по напряжению экспоненциального участка ВАХ и гиперболы в точке М составит величину:

$$\frac{(i_i)'_{Mэ}}{(i_i)'_{Mг}} = \frac{k_0 R_0}{R_{max}} \; . \qquad (11)$$

Из анализа полученного выражения следует, что углы наклона касательных в точке М к экспоненциальному участку ВАХ и гиперболе сравняются лишь при достижении максимального уровня освещённости R_{max}, равного величине k_0R_0, а это означает, что в теоретическом плане роста КПД преобразователя следует ожидать лишь в случае более высокого уровня освещённости, превышающего стандартный уровень 1000 Вт/м^2 более чем в k_0 раз.

Безразмерный коэффициент k_0, отражающий индивидуальные свойства фотопреобразователя, в том числе и относительно невысокие значения времени жизни полупроводника (10-15 мкс) обычно имеет величину 5-7. Этот коэффициент может быть рассчитан по значению напряжения холостого хода U_{xx} преобразователя, измеренного при стандартном уровне освещённости, согласно выражению;

$$k_0 = \frac{-1}{\ln(2 - U_{xx} / U_{xx0})} \, , \qquad (12)$$

где U_{xx0} - теоретическая величина напряжения холостого хода при нулевом уровне освещённости, которая согласно выражению (2) для кремниевых преобразователей при температуре 25°C составляет 0,53 В.

Характерный вид взаимозависимости коэффициента k_0 и напряжения холостого хода при стандартном уровне освещённости кремниевых преобразователей приведён на рис. 3.

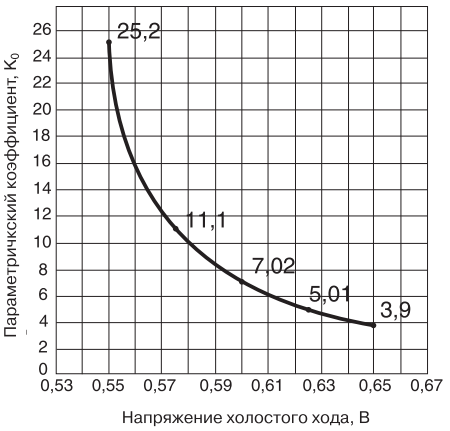


Рис. 3. Расчётная зависимость параметрического коэффициента k_0 от напряжения холостого хода кремниевого преобразователя при стандартном уровне освещённости

Довольно большая величина коэффициента k_0 обусловлена заметными потерями мощности светового потока из-за затенения рабочей поверхности преобразователя контактной сеткой (около 9 %), частичного отражения светового потока от рабочей (голубой) поверхности (около 8 %), неэффективного поглощения фотонов в лицевом высоколегированном слое преобразователя (на одном микроне этого слоя теряется около 27 % мощности светового потока). Однако основная часть величины этого коэффициент обусловлена существенными рекомбинационными потерями генерированных излучением неравновесных зарядов в базе преобразователя вследствие относительно низких значений времени жизни τ полупроводникового материала.

Как следует из анализа рис. 2, точка излома теоретической ВАХ является точкой её максимальной мощности, то есть точкой оптимальных значений тока и напряжения. При этом в теоретическом плане оптимальные значения тока и напряжения в этой точке будет сохраняться в широком диапазоне уровней освещённости вплоть до величины в k_0 раз выше стандартного. Поэтому представляется возможным аналитически оценить теоретический предел КПД фотопреобразователя во всём этом (k_0R_0) диапазоне низких уровней освещённости, опираясь лишь на соответствующие постоянные физические величины:

$$\text{КПД}_{\min} = \frac{I_M U_M}{SR_0} = \frac{i_M U_M}{R_0}, \qquad (13)$$

где i_M - теоретическая оптимальная плотность тока в точке М ВАХ, она же плотность тока короткого замыкания преобразователя, предельное значение которого согласно спектрального анализа стандартного солнечного излучения составляет для кремниевых преобразователей величину 4,35 А/дм^2; U_M - теоретическое оптимальное напряжение в точке М, оно же теоретическое напряжение холостого хода преобразователя при нулевом уровне освещённости, которое для кремниевых преобразователей согласно приведённому выше выражению (12) составляет величину 0,53 В; R_0 - удельная мощность светового потока стандартного уровня и спектра наземного солнечного излучения (1000 Вт/м^2).

В соответствие с приведёнными данными предельное теоретическое значение КПД кремниевых фотопреобразователей при стандартном и несколько большем или меньшем уровнях освещённости определится величиной

$$\text{КПД}\min = \frac{4{,}35\text{А}/\text{дм}^2\, 0{,}53\text{В}}{10\text{Вт}/\text{дм}^2} = 0{,}231 = 23{,}1\%\,. \qquad (14)$$

Рассчитанная величина предельного значения КПД кремниевых фотопреобразователей при малых уровнях освещённости получена без учёта световых потерь, связанных с затенением части рабочей поверхности контактной сеткой, частичным отражением рабочей поверхности и неэффективным поглощением некоторой доли светового потока в высоколегированном лицевом слое преобразователя.

По-видимому, более высокие значения КПД кремниевых преобразователей при стандартном уровне освещённости преобразователя могут быть получены лишь при условии низких значений коэффициента k_0 (менее единицы), чего можно было бы достичь, скажем, сохранением высоких значений времени жизни зарядов в базовой области преобразователя.

Что касается работы [3], в которой австралийскими авторами сообщается об изготовлении кремниевого монокристаллического фотопреобразователя с рекордным КПД на уровне 24,4 %, то после её изучения можно сказать следующее. Во-первых, работа посвящена обсуждению и оттенению положительных нюансов технологических и конструктивных усовершенствований, которые позволили достичь этой рекордной величины преобразователя. Вольтамперная характеристика данного фотопреобразователя в работе [3], к сожалению, не приведена.

Можно согласиться с тем, что использование специального процесса текстурирования в виде инвертируемых пирамид (сам процесс в работе, естественно, не раскрыт) рабочей поверхности преобразователя позволяет существенно снизить (практически приблизить к нулю) коэффици-

ент отражения светового потока в наиболее эффективной части солнечного спектра.

Можно согласиться, что использование в качестве пассиватора нанесённой на лицевую поверхность преобразователя тонкой (около 20 нм) плёнки двуокиси кремния (не показанной на рисунке рассматриваемой работы) позволяет существенно снизить большие в традиционных технологиях рекомбинационные потери генерированных солнечным излучением зарядов на поверхности и в объёме высоколегированного слоя преобразователя, что также благоприятно должно сказаться в итоге на улучшение КПД преобразователя.

Можно согласиться с тем, что эффективность преобразователя может возрасти благодаря тому, что токосъём с тыльной стороны преобразователя осуществлён не сплошной, а посредством макроплощадок (порядка 10 мкм^2), равномерно распределённых по тыльной стороне, а вся остальная (существенно большая) часть тыльной стороны содержит плёнку двуокиси кремния толщиной около 250 нм, которая предотвращает рекомбинационные потери зарядов на тыльном контакте и к тому же отражает в сторону перехода ещё не поглощённый (в работе оговорённый как слабо поглощающийся свет) остаток светового потока.

Можно согласиться, что использованная для изготовленного преобразователя (площадью 4 см^2) весьма узкая контактная сетка позволила заметно снизить коэффициент затенения рабочей поверхности преобразователя, что также способствует уменьшению прямых световых потерь фотоэлемента.

В итоге всего вышесказанного можно отметить, что все перечисленные в работе [2] аспекты улучшения технологии и конструкции фотопреобразователя, изготовленного из монокристалла фирмы ВАКЕР с удельным сопротивлением полупроводника 1 Ом·см (время жизни неосновных носителей зарядов, к сожалению, в работе не приводится), позволили практически свести почти к нулю все виды рассмотренных потерь.

Однако проведённые нами расчёты КПД для кремниевых фотопреобразователей в условиях малых уровней освещённости и предусматривающие равными нулю перечисленные виды потерь, дают несколько меньшее, чем в работе [3], теоретическое значение эффективности солнечного элемента. По нашему мнению более высокое значение КПД кремниевого преобразователя может быть обусловлено высоким качеством исходного полупроводника, а именно высоким временем жизни неосновных носителей зарядов. Этот параметр полупроводника определяет скорость рекомбинационных процессов в базе преобразователя и способен изменить границу перехода малых уровней освещённости преобразователя к умеренным. Другими словами, можно сказать, что при высоких значениях времени жизни носителей зарядов полупроводника характеристический параметр экспоненциального участка вольтамперной характеристики преобразователя k_0 может быть меньше единицы. Это обстоятельство приведёт к тому, что точка ВАХ максимальной мощности преобразователя переместится из точки её излома в сторону несколько больших напряжений, что определит и большее значение КПД преобразователя. По нашим предварительным расчётам время жизни полупроводникового материала фирмы ВАКЕР, использованного для изготовления кремниевого фотопреобразователя в работе [3], должно составить не менее 60 мкс, что и позволило достичь его рекордной эффективности.

В случае сверхвысоких уровней освещённостей теоретическое значение предельного значения КПД преобразователя будет в два раза выше теоретического для малых уровней освещённости, поскольку множитель выражения 1, содержащий экспоненту, в пределе приближается к двойке, в то время как для малых уровней освещённости он составляет единицу.

В заключение, следует отметить, что полученное выше выражение (13) может быть использовано в качестве алгоритма для оценки предельных теоретических значений КПД полупроводниковых преобразователей с различными значениями ширины запрещённой зоны в области малых уровней освещённости, к которым можно отнести и стандартный уровень солнечного излучения 1000 Вт/м^2.

Литература

1. *Bird R.E., Hulsrom R.L., Lewis R.I.* Terrestial Solar Spektral, data Sets, // Solar Energi, vol 30, N6, 1983, p. 563-573.
2. *Арбузов Ю.Д., Евдокимов В.М.* Основы фотоэлектричества. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2007. – С. 87.
3. *Jianhua Zhao, Aihua Wang and Martin A. Green*. 19.8% efficient ‘‘honeycomb’’ textured multicrystalline and 24.4% monocrystalline silicon solar cells // Appl. Phys. Lett. Vol. 73, No. 14, pp. 1991-1993, 5 October 1998.

Информация

Выездное заседание Бюро Отделения механизации, электрификации и автоматизации Россельхозакадемии (29 марта 2012 г., г. Москва, ГНУ ВИЭСХ)

29 марта 2012 г. в ГНУ ВИЭСХ состоялось выездное заседание Бюро Отделения механизации, электрификации и автоматизации Россельхозакадемии.

На заседании Бюро Отделения были рассмотрены два вопроса, касающиеся направлений научных исследований ГНУ ВИЭСХ.

1. О ходе выполнения задания 09.03.06: «Разработать методы компьютерного проектирования и инновационные проекты роботизированных предприятий-автоматов в молочном животноводстве, свиноводстве, птицеводстве и кормопроизводстве» Плана фундаментальных и приоритетных прикладных исследований Россельхозакадемии по научному обеспечению развития АПК Российской Федерации на 2011 – 2015 годы.

Исполнители задания: ГНУ ВИЭСХ, ГНУ ВИМ, ГНУ ВНИИМЖ, ГНУ СЗНИИМЭСХ, ГНУ СКНИИМЭСХ.

С докладом выступил заведующий отделом ГНУ ВИЭСХ д-р техн. наук В.Р. Краусп.

Бюро Отделения отметило, что для выполнения задания 09.03.06 (крупного отраслевого инновационного проекта модернизации производства АПК) разработан проект концепции коллективного выполнения задания, содержащий разработку технологических звеньев-модулей и модульного построения роботизированных предприятий-автоматов, который разослан институтам-соисполнителям.

- ГНУ ВИЭСХ координирует работу и разрабатывает инновационные проекты роботизированных предприятий-автоматов с полным циклом производства, решает задачи автономного электроснабжения и разработки роботов в полеводстве, животноводстве, транспортных операциях, разрабатывает интеллектуальные системы управления производством.

- ГНУ ВИМ разрабатывает системы управления продукционным процессом в растениеводстве, создает машины для кормопроизводства и системы управления агрегатами на базе ГЛОНАСС.

- ГНУ ВНИИМЖ решает задачи кормоприготовления, мониторинга оценки качества продукции животноводства, обеспечения микроклимата, компьютерной оценки экономической эффективности проектов ферм, разработки передовых технологий свиноводства.

- ГНУ СЗНИИМЭСХ разрабатывает информационные системы оценки экологической составляющей выполняемых проектов, автоматизированные экспертные системы управления животноводством и кормопроизводством.

- ГНУ СКНИИМЭСХ разрабатывает инновационные проекты технологий производства зерна, его послеуборочной обработки и СВЧ-сушки зерна.

Реализация планируемых к 2015 году разработок обеспечит повышение экономической эффективности животноводческих ферм на 20-25%, производительности труда в 1,5 раза и снижение затрат на производство сельхозпродукции на 40-50%.

Бюро Отделения одобрило работы, проводимые ГНУ ВИЭСХ и институтами-соисполнителями, направленные на выполнение задания 09.03.06 и разработку для сельского хозяйства конкретных инновационных проектов создания технологических звеньев-модулей для животноводческих ферм промышленного типа и роботизированных предприятий-автоматов и поручило ГНУ ВИЭСХ до 1 ноября 2012 г. (акад. Д.С. Стребков, рук. задания 09.03.06 д.т.н. В.Р. Краусп):

- доработать и издать концепцию модульного построения, компьютерного проектирования и стыковки технологических звеньев-модулей в инновационных проектах роботизированных предприятий-автоматов в животноводстве;

- сформировать координационный план поэтапного выполнения задания 09.03.06 на 2012 – 2015 гг. с участием институтов-соисполнителей Отделения механизации, электрификации и автоматизации и других отделений Россельхозакадемии;

- совместно с ГНУ ВНИИМЖ сформировать рабочую группу с привлечением в ее состав специалистов из других организаций, министерств и ведомств (институты РАН, Минобрнауки России) для выполнения специализированных задач по созданию робототехнических устройств, систем навигации, контроля и управления технологическими процессами, передачи информации.

2. Второй вопрос был посвящен обсуждению перспектив создания и использования энергосберегающих систем освещения сельскохозяйственных помещений на основе светодиодов и компактных люминесцентных ламп.

С основным докладом выступил д.т.н. А.К. Лямцов, зав. лабораторией электрооптических технологических установок ГНУ ВИЭСХ.

В содокладе зав. лабораторией к.т.н. Л.Ю. Юферев доложил о возможности и перспективности электропитания светодиодных источников света от резонансной системы передачи электроэнергии.

Заслушав и обсудив доклады и учитывая мнения участников заседания, Бюро Отделения отметило важность и практическую направленность проводимых исследований по разработке энергосберегающих систем освещения на базе светодиодных и компактных люминесцентных ламп для различных сельскохозяйственных предприятий и объектов (в первую очередь птицеводческих и животноводческих), позволяющих существенно снизить затраты на освещение, что соответствует требованиям государственной программы по энергосбережению и экономии топливно-энергетических ресурсов.

Разработаны различные варианты освещения с использованием компактных люминесцентных и светодиодных ламп, позволяющие реализовать адаптивные, равномерные режимы освещения птичников с реализацией функции «рассвет-закат» и обеспечить экономию электроэнергии от 42 до 89% в зависимости от типа и количества заменяемых ламп.

Экспериментальные образцы предлагаемой системы освещения были внедрены в птичниках Московской области и в коровниках Калужской области.

Бюро Отделения постановило:

- Одобрить работы, проводимые ГНУ ВИЭСХ по созданию и использованию энергосберегающих систем освещения сельскохозяйственных помещений на основе светодиодных и компактных люминесцентных ламп с учетом замечаний и предложений, внесенных членами Бюро и участниками обсуждения;

- Разработать концепцию и программу поэтапного перевода к 2020 году систем освещения объектов сельскохозяйственного производства, ЖКХ и личных подсобных хозяйств на энергосберегающие технологии на базе компактных люминесцентных и светодиодных ламп;

- Разработать технические предложения и проектную документацию на энергосберегающие системы освещения для ее внедрения при новом строительстве и реконструкции животноводческих, птицеводческих помещений и других объектов производственной и социально-бытовой сферы.

- Провести на базе ГНУ ВИЭСХ учебу (семинар) с демонстрацией новых технических средств для специалистов институтов и других организаций Россельхозакадемии по реализации энергосберегающих систем освещения и их модернизации на конкретных объектах.

Уважаемые коллеги!

Приглашаем Вас оформить подписку
на Теоретический и научно-практический журнал
«Вестник ВИЭСХ»
на первое полугодие 2013 г.

Подписной каталог Агентства «Роспечать»
«ИЗДАНИЯ ОРГАНОВ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ».

Подписной индекс – 66059.

Стоимость подписки на полугодие – 400 руб.

Журнал «Вестник ВИЭСХ» является рецензируемым
и выходит 4 раза в год.

Публикуются результаты научных исследований в области энергетики и электрификации сельского хозяйства, энергоэффективности и энергосбережения в животноводстве и растениеводстве; возобновляемых и нетрадиционных источников энергии; новых энергетических технологий, электротехнологий, инфокоммуникационных и нанотехнологий в АПК; разработки альтернативных видов топлива.

Желающие опубликоваться в журнале могут присылать
свои материалы для рассмотрения редколлегией
по эл. адресу: vestnikviesh@gmail.com

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ). Поэтому статья должна сопровождаться краткой аннотацией и ключевыми словами на русском и английском языке. Название и ФИО авторов статьи также необходимо продублировать на англ. яз.

Телефоны редакции: 8 (499) 171-22-91, 171-02-74.

Главный научный редактор Вестника ВИЭСХ,
Директор ГНУ ВИЭСХ Россельхозакадемии
Д.С. Стребков