

ISSN 0131-5277

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК

ВЕСТНИК

ГОСУДАРСТВЕННОГО НАУЧНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
ВСЕРОССИЙСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ
И ЭНЕРГЕТИКА
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Под редакцией
академика РАСХН Д.С. Стребкова

Выпуск 1(3)

Москва 2008

УДК 631.371

ВЕСТНИК Государственного научного учреждения Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства / Под ред Д.С. Стребкова. Выпуск №1(3)/2008. Серия «Электротехнологии и энергетика сельского хозяйства». – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2008. – 168 с.

ISSN 0131-5277

Рецензенты: к.т.н. Ю.М. Антонов, к.ф.-м.н. Ю.Д. Арбузов, д.ф.-м.н. В.М. Евдокимов, к.т.н. В.В. Заддэ, д.т.н. А.К. Лямцов, д.т.н. С.А. Растимешин, к.т.н. Э.В. Тверьянович, к.т.н. А.В. Тихомиров, к.т.н. С.В. Трушевский, д.х.н. Ю.М. Щекочихин, к.т.н. Г.Л. Эбина.

Учредители:

**РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК
ГНУ ВИЭСХ**

**Главный научный редактор,
председатель редакционной коллегии**
Академик РАСХН Д.С. Стребков

**Зам. главного научного редактора,
зам. председателя редколлегии**
Канд. техн. наук А.В. Тихомиров

**Зам. главного научного редактора,
зам. председателя редколлегии**
Канд. техн. наук, Заслуженный энергетик РФ Н.Ф. Молоснов

Научный редактор выпуска
Н.Ф. Молоснов

Редакционная коллегия

Акад. И.Ф. Бородин, акад. Л.П. Кормановский, канд. техн. наук Ю.М. Антонов, Т.А. Гудкова (ответственный секретарь), д-р физ.-мат. наук В.М. Евдокимов, канд. техн. наук Е.М. Клычев, канд. техн. наук Б.П. Коршунов, д-р техн. наук В.Р. Краусп, д-р техн. наук А.К. Лямцов, д-р техн. наук А.М. Мусин, д-р техн. наук А.И. Некрасов, д-р техн. наук В.Н. Расстригин, канд. физ.-мат. наук Л.Д. Сагинов, канд. техн. наук Р.С. Суюнчалиев, д-р техн. наук Ю.А. Цой, д-р хим. наук Ю.М. Щекочихин.

ISSN 0131-5277

© ГНУ ВИЭСХ, 2008

СОДЕРЖАНИЕ

<i>От редколлегии</i>	5
<i>Кормановский Л.П.</i> К юбилею науки по механизации и электрификации сельского хозяйства.....	6
<i>Стребков Д.С., Молоснов Н.Ф., Тихомиров А.В.</i> Научные основы электрификации сельского хозяйства: история и современность.....	11
<i>Цой Ю.А.</i> Становление и развитие исследований по механизации и автоматизации животноводства в России.....	39
<i>Артюшин А.А., Свентицкий И.И., Королев В.А.</i> Методология управления агротехнологиями на основе принципов самоорганизации.....	50
<i>Ерохин М.Н., Башилов А.М.</i> Интеграция науки и образования интеллектуальными технологиями извлечения и генерации знаний.....	59
<i>Краус В.Р.</i> Направления развития интернет-технологий в науке об управлении электрифицированным сельскохозяйственным производством.....	61
<i>Мусин А.М.</i> Имитационный метод оценки эффективности технологических процессов животноводства.....	65
<i>Дубровин А.В.</i> Разработка новых способов и устройств экономичного обогрева бройлеров с использованием математической модели управления их продуктивностью.....	73
<i>Никитин Б.А., Гусаров В.А.</i> Обобщенное управление величины атмосферной массы на пути лучей солнца, падающих на поверхность земного шара под различными углами.....	82
<i>Эбина Г.Л.</i> Нормативные показатели надежности сельских распределительных электрических сетей среднего напряжения.....	87
<i>Майоров В.А., Тверьянович Э.В., Лукашик Л.Н.</i> Анализ оптимальных параметров стационарных U-образного и других цилиндрических концентраторов солнечного излучения.....	91
<i>Майоров В.А.</i> Расчет и анализ энергетических характеристик солнечных батарей различных типов.....	96
<i>Стребков Д.С., Персиц И.С.</i> Исследование свойств нового материала-заполнителя для фотоэлектрических модулей с увеличенным сроком службы.....	101
<i>Гусаров В.А., Никитин Б.А.</i> Оценка эффективности применения энергокомпенсаторов для снижения пиковых нагрузок в системах централизованного электроснабжения.....	109
<i>Халин Е.В., Липантьева Н.Н.</i> Организация работ по электробезопасности.....	114
<i>Ерков А.А., Головкин В.А.</i> Унифицированный сетевой контроллер-коммуникатор для АСУТП и АСУП сельскохозяйственного назначения.....	119
<i>Юферев Л.Ю., Алферова Л.К.</i> Система бесперебойного питания и автоматического управления комплектом облучателей-озонаторов «ОЗУФ» для птицеводческих помещений.....	125

<i>Тихомиров А.В.</i> Использование биомассы и отходов в энергетике села.....	130
<i>Стребков Д.С., Щекочихин Ю.М., Порев И.А., Чирков В.Г., Евграфов И.В.</i> Энергетические технологии на основе возобновляемых источников энергии для сельского хозяйства.....	136
<i>Холманский А.С., Евграфов И.В.</i> Экспресс-анализ теплотворной способности топлива...	142
<i>Гришин А.П., Гришин А.А.</i> Прямоточная инфокоммуникационная технология водообеспечения.....	146
Новые идеи и дискуссии	
<i>Заев Н.Е.</i> Вариабельность температуры при постоянстве энергии системы.....	155
Информация	
Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве..... (6-я Международная научно-техническая конференция, Москва, ГНУ ВИЭСХ, 13-14 мая 2008 г.)	165

ОТ РЕДАКЦИИ

Настоящий третий выпуск научного журнала «Вестник Государственного научного учреждения Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства» является правопреемником журнала «Электрификация сельского хозяйства», с 1931 г. по июнь 1937 г. бывшего печатным органом ВИЭСХ, а также научных трудов ВИЭСХ, которые издавались с 1954 по 2004 гг. (в 2004 г. был выпущен 90-й том трудов). «Вестник» с 2005 года заменил собой издание научных трудов ВИЭСХ.

ГНУ ВИЭСХ – это научный центр по энергообеспечению, электрификации и автоматизации сельского хозяйства, электромеханизации животноводства, использованию возобновляемых и нетрадиционных источников энергии. Институт был создан в марте 1930 г.

ВИЭСХ выполняет широкий спектр исследований для агропромышленного комплекса и других отраслей народного хозяйства страны по следующим основным направлениям:

- прогноз и стратегия энергообеспечения, электрификации и энергосбережения в сельском хозяйстве, экологически чистые ресурсосберегающие технологии;
- высокоэффективные электротехнологии, системы тепло- и электрооборудования, автоматизации для животноводства, растениеводства, первичной обработки и хранения сельскохозяйственной продукции;
- методы, технические средства и системы надежного энергоснабжения сельского хозяйства, эксплуатации и электробезопасности электроустановок и электрооборудования, включая автономные системы;
- системы и технические средства для электромеханизации животноводства;
- перспективные технологии и технические средства для использования возобновляемых и нетрадиционных источников энергии;
- системы и средства «малой энергетики», использование новых видов топлива (включая биотопливо).

По этим направлениям сложились широко известные научные школы. Ученые ВИЭСХ выполняют научные исследования и реализуют их результаты в сотрудничестве с НИИ, организациями, учреждениями и высшими учебными заведениями как сельскохозяйственного профиля, так и других отраслей экономики страны.

В 2007 г. исполнилось 100 лет со дня образования первого в России научного учреждения по земледельческой механике. Первые три статьи Вестника посвящены этому знаменательному событию в развитии агроинженерной науки (академик Л.П. Кормановский; академик Д.С. Стребков, к.т.н. Н.Ф. Молоснов, к.т.н. А.В. Тихомиров; член-корр. Ю.А. Цой).

Приглашаем к творческому сотрудничеству по вопросам развития приоритетных направлений науки и техники, ускорения научно-технического прогресса. Выражаем надежду на активное участие научных и научно-педагогических работников в качестве авторов статей журнала.

Со второго выпуска «Вестника» (2006 г.) введена рубрика «Новые идеи и дискуссии», в которой публикуются статьи дискуссионного характера, посвященные новым идеям в энергетике и энергетическим технологиям.

К ЮБИЛЕЮ НАУКИ ПО МЕХАНИЗАЦИИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Академик Россельхозакадемии А.П. Кормановский
(ГНУ ВИЭСХ)

Научная общественность России отмечает 100-летие возникновения агроинженерной науки и электромеханизации села.

В 1907 г. по инициативе Д.Д. Арцыбашева было организовано Бюро по сельскохозяйственной механике, которое он в дальнейшем возглавил. Бюро с момента его организации по своей структуре и задачам создавалось как исследовательское учреждение с тремя отделами: научным, справочным и статистическим.

Начиная с 1909 г. Бюро издавало «Известия Бюро по сельскохозяйственной механике». Каждый том «Известий» состоял из двух разделов: в первом излагались результаты исследований и основные справочные материалы о работе Бюро, опытных станций, Департамента земледелия, а во втором – печатались статьи из иностранной литературы и приводились описания патентов по отрасли. В частности, в первых изданиях «Известий» были опубликованы теоретические работы основоположника сельскохозяйственной механики в России В.П. Горячкина «Теория жатвенных машин» и «Основы построения сельскохозяйственных машин и орудий. Отвалы плугов» и др.

На долю нашего поколения выпало жить на рубеже двух веков и даже двух тысячелетий, и в столетии, когда зародилась агроинженерная наука. Это уникальное время для осмысления сделанного в области инженерной науки, и на основе анализа целесообразно наметить стратегические направления фундаментальных исследований и инноваций в начале нового века развития агроэнергоинженерной науки. Это событие заставляет нас, в первую очередь, задуматься, чем заканчивался уходящий век в области электромеханизации самого древнего производства – сельского хозяйства.

Уже в 1920-е годы была образована академия сельскохозяйственных наук – ВАСХНИЛ, в 30-е годы созданы пять институтов механизации сельского хозяйства, институт электрификации сельского хозяйства – ВИЭСХ. Несмотря на то, что страна испытывала большие трудности, все институты были отстроены и оснащены. В короткие сроки построены лабораторные корпуса, экспериментальные заводы и мастерские, опытно-конструкторские бюро.

В создании и становлении ВИЭСХ большая роль принадлежала академику Г.М. Кржижановскому, а ученые ВИЭСХ принимали активное участие в реализации плана ГОЭЛРО по электрификации сельского хозяйства. Учеными разработаны тысячи машин и технологий, многие специалисты стали лауреатами Государственных премий и премий Правительства, а Василию Николаевичу Болтинскому было присвоено звание Героя социалистического труда за обоснование высоких скоростей агрегатов и разработку высокоскоростных тракторов.

В ВИЭСХ были созданы получившие широкую известность в стране и за рубежом научные школы по электроснабжению сельского хозяйства, применению электрической энергии в технологических процессах сельскохозяйственного производства, механизации животноводства и др.

В 1930-е годы решались вопросы перевода с ручного, конного, механического привода сельскохозяйственных машин на электропривод. В эти годы были созданы первые отечественные доильные агрегаты (В.Ф. Королев, В.С. Краснов и др.), электростригальные аппараты, лампы ультрафиолетового излучения для облучения животных и другие электроагрегаты. В дальнейшем усилия ученых были сосредоточены на комплексной электрификации и автоматизации животноводства, вопросах производства, распределения и применения электроэнергии в сельском хозяйстве.

ВИЭСХ стал научным центром по энергообеспечению, электрификации и автоматизации сельского хозяйства. Разработанные и выпускаемые в институте новые типы машин, установок и оборудования применяются во многих регионах страны, а также экспортируются в десять стран ближнего и дальнего зарубежья.

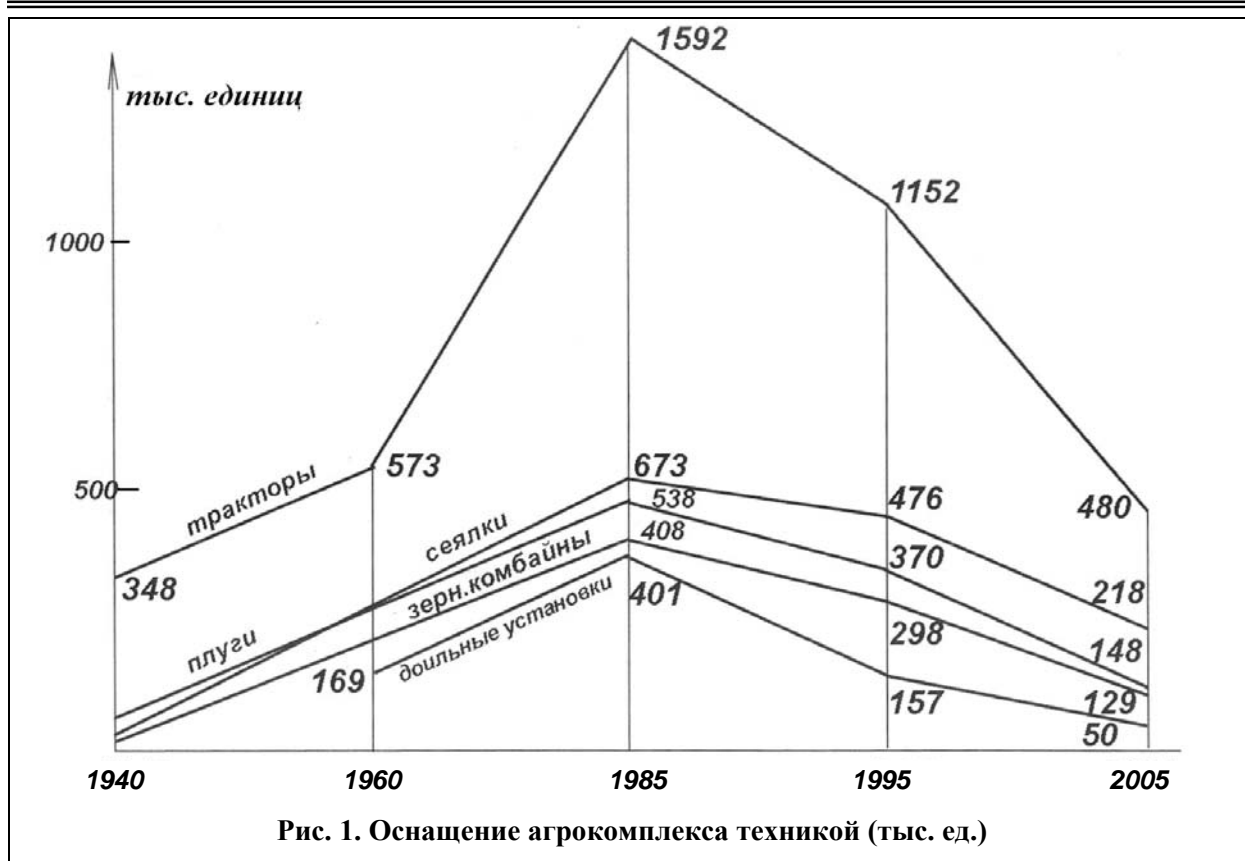
За выдающиеся заслуги ученых в области механизации и электрификации сельского хозяйства правительством были учреждены две Золотые медали имени выдающихся ученых: Золотая медаль имени В.П. Горячкина и Золотая медаль имени И.А. Будзко за работы в области земледельческой механики и электрификации сельского хозяйства.

Учеными была обоснована и издавалась «Система машин для растениеводства и земледелия», «Система машин для животноводства». Для более эффективного использования техники учеными обосновано создание машинно-тракторных станций, ставших индустриальной базой села, сейчас создаются машинно-технологические станции. Для обслуживания и механизации животноводства были созданы станции технического обслуживания – СТОЖ.

Оглядываясь на пройденный путь, сегодня можно смело сказать, что это был период невиданного научно-технического прогресса в области механизации и электрификации сельского хозяйства. В течение тысячелетий основной тягловой силой в сельском хозяйстве была лошадиная. В 1913 г. в сельском хозяйстве России было 31,5 млн. лошадей и 8 млн. сох и конных плугов. В 30-е годы прошлого века, когда были построены первые тракторные заводы, сельское хозяйство стало оснащаться тракторами, а в 1940 г. в сельском хозяйстве уже было 342 тысячи тракторов, в 1980 г. – 1324 тыс., а в 1985 г. – 1592 тыс. (рис. 1). Иными словами, столетия крестьянин работал на лошади, а за 55 лет освоил трактор и «приручил» электроэнергию.

Только в 1960-е годы началась комплексная электромеханизация животноводства. К 1990 г. она уже была реализована на 75...93%, а водоснабжение ферм и доение коров механизировано почти на 100%. К этому же периоду сельское хозяйство было полностью электрифицировано. Активно ведутся работы по применению возобновляемых источников энергии: солнца, ветра, биоэнергетики. По этим направлениям достигнуты прорывные результаты (Д.С. Стребков, П.П. Безруких, А.А. Ковалев, А.К. Сокольский, Э.В. Тверьянович, В.В. Заддэ и др.). В настоящее время осваивается новое направление в науке – нанотехнологии. ВИЭСХ утвержден головным институтом в этом революционном направлении.

Таким образом, за короткий исторический срок (40–55 лет) в российском селе произошла подлинно техническая революция. В этом огромный труд ученых-инженеров, специалистов и механизаторов сельскохозяйственного производства, машиностроителей. К сожалению, с 1990 г. за 15 лет непродуманных реформ оснащенность агропромышленного комплекса техникой стала резко сокращаться. Количество тракторов, зернокомбайнов, плугов уменьшилось более чем в 3 раза, кормоуборочных



комбайнов в 3,7 раза, доильных установок в 5 раз и картофелеуборочных комбайнов в 8 раз. Ветшают электрические сети, которые строила вся страна, разрушаются животноводческие фермы.

По мнению большинства ученых-инженеров, с учетом сложившейся обстановки потребуются почти заново создавать машинно-тракторный парк и всю техническую базу села. Поэтому целесообразно создавать ее на новой технической основе и с учетом последних достижений инженерной науки. А сельскохозяйственное производство в целом необходимо восстанавливать на основе технического и технологического перевооружения. При этом должна быть поставлена главная цель – снизить трудовые и материальные затраты на производство продукции. Сегодня они, к сожалению, во много раз выше, чем в развитых странах, и отечественная продукция сельского хозяйства убыточна и неконкурентоспособна.

Поэтому учеными-инженерами и технологами разработана принципиально новая «Система технологий и машин», рассматривающая каждую конкретную продукцию от начала ее производства и до реализации по всем технологическим операциям с применением наиболее эффективной техники, определением затрат труда, топлива, электроэнергии и других материальных ресурсов. Издан регистр технологий и каталог выпускаемых машин.

Главная стратегическая задача нового века агропромышленной науки – наполнить этот регистр новыми высокими технологиями.

Все новые машины, создаваемые в этом столетии, должны быть высокого уровня, чтобы на равных конкурировать с зарубежными аналогами.

Далее, чтобы создавать новые технологии, необходимо совершенствовать энергетические средства – тракторы и комбайны; мобильные энергосредства нового поко-

ления. Перспективные энергосредства должны иметь передние и задние навесные системы, бесступенчатый привод ходовой части, многоскоростные передние и задние валы отъема мощности, сменные колесные и гусеничные ходовые системы, обеспечивать улучшенные условия труда, снижение металлоемкости благодаря лучшему соответствию массы, достаточную энергонасыщенность.

Необходимо развернуть поисковые работы по комплексной автоматизации сельскохозяйственной техники, машин в животноводстве, автоматизированному вождению машинно-тракторных агрегатов по полю, групповому вождению нескольких агрегатов с управлением одним человеком, созданию агрегатов-роботов на полях и фермах, автоматизированному мостовому земледелию, особенно в закрытом грунте.

Очень важно такое направление, как «механотроника» (например, фитотрон в растениеводстве, зоотрон в животноводстве и тракторная мехатроника в механизации). Это практически самоуправляемые системы в растениеводстве и животноводстве. Создание тракторного агрегата, аппарата в животноводстве, взаимодействующих с почвой, растением, животным – это сложная задача, но решаемая, и некоторые подходы найдены.

В области растениеводства и животноводства требуются также машинные технологии для так называемого «точного земледелия и животноводства», дифференцированного внесения минеральных удобрений и средств защиты растений. Учеными уже созданы макеты агрегатов и автоматических дозаторов жидких средств химизации и твердых минеральных удобрений, средств защиты, электронная система управления дозированием в зависимости от шага квантования и скорости перемещения агрегата, электронные системы управления стадом в животноводстве и робототехнические системы на фермах. Это, без сомнения, является технологиями XXI века. Предстоят большие работы в области совершенствования технологий и механизации кормопроизводства, особенно по созданию рулонного пресса-подборщика с измельчением прессуемой массы и обмоткой рулонов сеткой или пленкой, и других машин, которые должны стать основой новых высоких технологий в кормопроизводстве.

В связи со стихийным выводом пашни из оборота важное значение имеет залужение таких площадей, создание культурных пастбищ и коренное улучшение действующих. Несомненным достижением НИИСХ Северо-Востока стало создание агрегата для полосного подсева трав в дернину для обновления культурных пастбищ. При их использовании за один год в 2 раза повышается урожайность пастбищ.

Важным и перспективным направлением является разработка и организация производства внутрихозяйственных электромеханических автоматизированных комбикормовых цехов, позволяющих готовить корма из собственного фуражного зерна и отходов растительного и животного происхождения. Здесь создается значительная экономия в использовании биоресурсов, обеспечивается правильное сочетание компонентов рациона и экономия на перевозках корма, повышается продуктивность животных.

Следует более активно совершенствовать и внедрять в практику приготовления и раздачи кормов крупному рогатому скоту системы «Унифид», а также типа «Миксер» – это многофункциональное оборудование для подготовки и выдачи животным многокомпонентных полнорационных кормосмесей. Но для этого необходим погрузчик массы из траншей без нарушения монолита корма, возможно с электроприводом,

а также измельчитель рулонов сена и соломы с одновременной загрузкой измельченной массы в кормораздатчик или подстилки в места отдыха животных.

Исключительную важность представляет разработка современных технологий в животноводстве в связи с реализацией Приоритетного национального проекта «Развитие АПК». Одним из направлений в этом проекте предусмотрено ускоренное развитие животноводства и определены конкретные задачи по увеличению производства мяса и молока. Отрадно отметить, что за первый год реализации проекта достигнуты неплохие результаты. НПП «Фемакс» (Ю.А. Цой) модернизированы почти полторы сотни ферм. Но самой главной задачей науки и инженерной службы является технологическая модернизация ферм. Сейчас разработана технология перевода коров на беспривязное содержание в действующих фермах с пристройкой доильных залов, а также замены оборудования на более совершенные молокопроводы. Продолжается работа над более надежной системой идентификации животных и управления стадом с помощью электронных систем при беспривязном содержании.

Для линейных доильных установок обоих типов необходим более совершенный отечественный доильный аппарат со щадящим режимом доения, т.е. с большим объемом коллектора, с устройством учета надоев молока и автоматическим додаиванием и снятием доильных стаканов, что устраняет «сухое доение» и снижает заболеваемость коров маститом. Иными словами, нужны переносные автоматизированные манипуляторы для линейных доильных установок.

Очень актуальны работы по автоматизации систем микроклимата и термоаккумулирующих установок, создание более совершенных технологий и технических средств очистки скотомест и уборки навоза без загрязнения окружающей среды в процессе его накопления и транспортировки.

В предстоящий период усилия ученых-инженеров будут сосредоточены также на поиске более эффективных способов использования техники, организации и оснащения современного технического обслуживания, на разработке энергосберегающих машин и технологий, на более широком использовании возобновляемых источников энергии.

Все это будет достойным вкладом ученых-инженеров в решение задачи технического и технологического перевооружения сельскохозяйственного производства на новом рубеже агроэнергоинженерной науки.

Литература

1. *Стребков Д.С., Молоснов Н.Ф.* Роль ВИЭСХ в становлении и развитии энергетики и электрификации сельского хозяйства // Научный журнал «Вестник ВИЭСХ». Выпуск № 1/2005. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2005. С. 7-20.

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА: ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОСТЬ

Академик Россельхозакадемии Д.С. Стребков, канд. техн. наук Н.Ф. Молоснов,
канд. техн. наук А.В. Тихомиров
(ГНУ ВИЭСХ)

Одной из основополагающих предпосылок в развитии экономики и социальной сферы страны является научно-технический прогресс в механизации, электрификации и автоматизации сельского хозяйства.

До 1917 г. Россия была страной отсталой в техническом отношении. Отставание особенно сказывалось в области электроэнергетики. В 1913 г. производство электроэнергии всеми электростанциями немногим превышало 2 млрд. кВт·ч, по этому показателю она занимала восьмое место в мире. Электрификация промышленности и городов находилась в начальной стадии, а в сельском хозяйстве электроэнергия для производственных нужд практически не применялась.

В сельском хозяйстве России электрификация началась примерно в 90-х годах XIX века. В те годы электростанции, как правило, строились помещиками (для освещения своих имений) и владельцами мельниц. Оборудование использовалось исключительно зарубежное. Несмотря на это, передовые ученые страны еще задолго до 1917 г. ставили вопрос о необходимости применения электрической энергии в сельском хозяйстве. Однако никаких исследований по сельской электрификации в стране не велось, а немногочисленные брошюры и статьи по этим вопросам лишь излагали зарубежный опыт.

Первые публикации в России по научно-техническим вопросам электрификации сельского хозяйства печатались в старейшем журнале русских электротехников «Электричество», созданном в 1880 г. электротехническим отделом Русского императорского технического общества. В первом номере журнала, вышедшем в июле 1880 г., помещено сообщение о передаче механической энергии в сельском хозяйстве. В пятом номере журнала за 1889 г. напечатана статья о применении электричества в сельском хозяйстве. Опубликованы статьи об электрокультуре растений (1902 г., № 21), о сооружении центральных электрических станций в сельскохозяйственных округах (1913 г., № 15) и др.

Механизация сельского хозяйства находилась в зачаточном состоянии. В 1913 г. было изготовлено всего 180 паровых молотилок. Во всей России в 1914 г. насчитывалось всего около 600 тракторов. В животноводстве в то время практически никакой механизации не было. Только в отдельных помещичьих хозяйствах применялись автопоилки, ручные сепараторы, ручные соломорезки и конные кукурузорубки.

В 1916 г. в сельском хозяйстве России имелось 80 электростанций общей мощностью около 2 тыс. кВт. Годовое потребление электроэнергии сельским хозяйством в 1916 г. составляло 1,2 млн. кВт·ч.

За годы Первой мировой и гражданской войн (1914-1919 гг.) сельскому хозяйству страны был нанесен значительный урон. Уровень электрификации был снижен во много раз.

В этих тяжелых условиях, почти сразу после Октябрьской революции 1917 г. руководитель Советского правительства В.И. Ленин, указывая на огромное значение электрификации страны, писал: «... только тогда, когда страна будет электрифицирована, когда под промышленность, сельское хозяйство и транспорт будет подведена техническая база современной крупной промышленности, только тогда мы победим окончательно».

18–25 апреля 1918 г. В.И. Ленин написал «Набросок плана научно-технических работ», в котором предлагал Академии наук образовать ряд комиссий из специалистов для «составления плана реорганизации промышленности и экономического подъема России», в котором особое внимание должно быть обращено «... на электрификацию промышленности и транспорта и применение электричества к земледелию».

В июне 1919 г. в Народном комиссариате земледелия (Наркомзем) было создано Бюро по электрификации сельского хозяйства для руководства строительством сельских электростанций, организации опытно-показательных электрифицированных хозяйств и другой работы в этом направлении. Возглавил бюро профессор Б.И. Угринов, один из руководителей Московского общества сельского хозяйства. В ноябре 1920 г. Бюро было реорганизовано в Центральный отдел электрификации сельского хозяйства (Электрозем), который занимался внедрением электрической энергии в сельскохозяйственные процессы (молотьба, обработка семян и др.) и составлением проектов электрификации сельского хозяйства в ряде областей России.

Заведующим отделом с января 1921 г. был назначен участник разработки плана ГОЭЛРО В.З. Есин, в дальнейшем член Общеплановой комиссии (Госплана РСФСР).

В это время в стране началось массовое строительство мелких сельских электростанций. В 1919 г. было возведено 47 станций. Пионером сельской электрификации можно считать Московскую губернию, а в ее составе Волоколамский район (ранее Волоколамский уезд) и деревню Кашино, где 14 ноября 1920 г. была введена в действие одна из первых сельских тепловых электростанций мощностью 13 кВт, на открытии которой присутствовали В.И. Ленин и Н.К. Крупская.

Одна из первых сельских гидроэлектростанций была построена, используя старую мельницу, на реке Ламе в селе Ярополец Волоколамского уезда Московской губернии. Электростанция мощностью 12,5 кВт была сооружена силами кооперативного технического товарищества при помощи государства и введена в строй 20 июня 1922 г. Позже электростанция была расширена, ее мощность возросла до 90 кВт, и от нее стали получать электроэнергию 20 колхозов. В Великую отечественную войну Ярополецкая ГЭС была полностью разрушена немецкими оккупантами, но после войны была восстановлена и работала до 1962 г. Осенью 1920 г. в селе Яропольце впервые в России была организована электромолотьба.

В Костромской губернии в селе Саметь Шунгенской волости в 1918 г. построена электростанция мощностью 15 кВт, которая освещала 250 крестьянских хозяйств. В 1920 г. крестьяне Шунгенской волости Костромского уезда на средства Союза картофельных кооперативов начали строить первую сельскую тепловую электростанцию на дровяном топливе мощностью 300 кВт. Станция была открыта в 1923 г. Шунгенская электростанция обслуживала 40 населенных пунктов, а также кооперативные заводы: крахмало-паточные, овощесушильные, лесопилку. Были попытки использования электроэнергии для пахоты.

Летом 1920 г. на пароходе «Красная звезда», плавающем по Волге, была устроена выставка по электрификации сельского хозяйства. А в сентябре того же года в Петрограде, на сельскохозяйственной выставке, демонстрировалась показательная электрифицированная деревня, где электроэнергия применялась как на производстве, так и в быту.

24 марта 1920 г. был объявлен Всероссийский конкурс на орудия для обработки почвы с применением электрической энергии. К осуществлению был принят проект электроплуга, разработанный инициативной группой, в которую входили председатель Совета коммунального хозяйства Л.М. Михайлов, профессор В.Д. Батюшков, инженеры И.В. Кармазин и В. Кочуков. 22 октября 1921 г. на Бутырском хуторе под Москвой в присутствии В.И. Ленина, М.И. Калинина, Н.К. Крупской, М.И. Ульяновой были проведены испытания электроплуга.

В сентябре 1923 г. под Петроградом были проведены испытания электроплуга, состоящего из двух лебедочных тележек с канатной тягой, пятилемешного плуга и рыхлителя. Электроплуг был сконструирован и изготовлен рабочими первой Петроградской государственной электростанции для вспашки своего огорода площадью 60 десятин. Плуг был затем перевезен в Москву, где испытания были продолжены на учебно-опытном поле Бутырского хутора.

В силу ряда технических и экономических причин электропахота не получила широкого применения. Но усилия энтузиастов этого дела не были напрасными: их опыты пробуждали интерес к проблемам электрификации сельскохозяйственного производства, способствовали рождению новых научных идей.

На это же время приходится и зарождение советской науки в области электрификации сельского хозяйства. Ее основой стали труды Государственной комиссии по электрификации России – ГОЭЛРО.

После Октябрьской революции научные исследования по всем отраслям знаний проводились почти исключительно кафедрами высших учебных заведений. Первые исследования по сельской электрификации были выполнены в Московской сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева (ТСХА) на кафедре электротехники, которую организовал в 1920 г. крупный специалист в области электротехники профессор Н.А. Артемьев. Здесь была построена единственная в то время установка высокого напряжения.

Развивая теоретические положения К.А. Тимирязева о воздействии электрического света на рост и развитие растений, профессор Н.А. Артемьев и академик Н.А. Максимов практически доказали возможность выращивания растений от семени до семени при полном отсутствии естественного света. Эти опыты заложили научные основы практического использования облучающих электроустановок. В Тимирязевской академии под руководством Н.А. Артемьева были поставлены первые опыты по изучению влияния на рост растений света, тепла, электричества, состава и влажности воздуха, влажности почвы при строго определенных дозировках.

В 1930 г. на базе лаборатории и кафедры Н.А. Артемьева был создан факультет электрификации Московского института механизации и электрификации сельского хозяйства (ныне МГАУ). Кафедра явилась также основой создания в 1930 г. ВИЭСХа.

Пионером сельской электрификации является и академик М.Г. Евреинов, активный участник составления плана ГОЭЛРО. В 1926 г. М.Г. Евреинов организовал при Всесоюзном электротехническом институте им. В.И. Ленина (ВЭИ) научно-

исследовательский отдел по применению электроэнергии в сельском хозяйстве (в совхозе «Дубровицы», около г. Подольска). Здесь проводились эксперименты по электромеханической дойке коров, сушке сена электровентиляционным способом, исследовались автоматизированные электронасосные станции для подачи воды, отопительные системы для обогрева теплиц и др.

Решением вопросов электрификации сельского хозяйства с 1921 г. стал заниматься электромеханический факультет Петроградского политехнического института (ППИ) под руководством активного участника разработки плана ГОЭЛРО проф. М.А. Шателена. В 1921-1922 г.г. студентами-дипломниками была подготовлена и опубликована серия плакатов и брошюра по вопросам применения электроэнергии в сельском хозяйстве, а дипломником Ю.В. Скобельцыным проведено обследование малых сельских электростанций и в 1924 г. опубликована статья в журнале «Электричество».

В 1922 г. в ППИ был организован факультет индустриального земледелия, в числе четырех отделений факультета было отделение электрификации сельского хозяйства, где выполнялись научные исследования по вопросам электроснабжения, электроприводу сельскохозяйственных машин и т.д. В дальнейшем отделение выросло в факультет электрификации сельского хозяйства Ленинградского института механизации и электрификации сельского хозяйства.

В 20-х и 30-х годах XX века в Ленинграде сформировалась научно-педагогическая школа по проблемам электрификации сельского хозяйства под руководством М.А. Шателена, Ю.В. Скобельцына и др. Ю.В. Скобельцын в 1931 г. стал одним из организаторов и руководителем Ленинградского филиала ВИЭСХ – заместителем директора филиала (в дальнейшем доктор техн. наук, профессор, работал в Казанском филиале АН СССР).

В Плане ГОЭЛРО, утвержденном VIII Всероссийским съездом Советов 22 декабря 1920 г., значительное место было отведено электрификации сельского хозяйства.

Возглавляющий Комиссию ГОЭЛРО соратник В.И. Ленина выдающийся ученый-энергетик и государственный деятель Г.М. Кржижановский многое сделал для обоснования необходимости электрификации сельского хозяйства. Позднее, в 30-х годах, руководя Энергетическим институтом АН СССР, он развивал обширные исследования по общим вопросам сельской энергетики.

В составе ГОЭЛРО была создана специальная секция по электрификации сельского хозяйства и лесной промышленности под председательством проф. Б.И. Угримова, возглавляющего Бюро по электрификации сельского хозяйства при Наркомземе.

К работе ГОЭЛРО были привлечены крупнейшие ученые – специалисты по вопросам сельского хозяйства, а электрификация рассматривалась не как самоцель, а как средство воздействия на природу, на уклад жизни, организацию производственной деятельности человека в сельском хозяйстве.

В составлении плана ГОЭЛРО принимали участие известные ученые и специалисты: В.Р. Вильямс, Д.Н. Прянишников, И.Г. Александров, Б.И. Угримов, А.И. Угримов, А.Н. Костяков, А.М. Дмитриев, А.Е. Лисицкий, А.В. Успенский, Л.Н. Литовченко и др., и их предложения вошли в раздел «Электрификация и сельское хозяйство» плана ГОЭЛРО, где изложены соображения об электрификации, примерных величинах потребных электрических мощностей в отдельных районах. Этот раздел плана был написан Г.М. Кржижановским.

Практика подтвердила выдвинутые в плане ГОЭЛРО положения о высокой эффективности электрификации сельскохозяйственного производства и об основном направлении развития – комплексной электрификации крупных многоотраслевых хозяйств. План ГОЭЛРО не потерял не только своего программного, но и методического значения; он может служить классическим примером широкого государственного подхода к решению комплексных технических проблем.

При определении путей и средств решения задачи восстановления сельского хозяйства в России авторы плана ГОЭЛРО принимали во внимание положение в других странах, и в первую очередь в тех, где началась усиленная реорганизация сельского хозяйства на новых основах, в первую очередь на базе механизации и использования электрической энергии.

При составлении плана ГОЭЛРО рассматривался вопрос о наиболее целесообразных формах организации сельского хозяйства: фермерстве и кооперации. Причем эксперты отмечали, что наиболее целесообразной формой является кооперативный (коллективный) путь развития сельского хозяйства, позволяющий наилучшим образом применять достижения агрономии и техники и тем самым повышать продуктивность сельскохозяйственного производства при наименьших затратах человеческого труда. Наиболее подготовленными к интенсивным формам ведения сельского хозяйства и поэтому нуждающимися в первоочередной электрификации были признаны Центрально-промышленный и поставляющий ему сельскохозяйственную продукцию Поволжский районы. Во вторую очередь электрификация сельского хозяйства намечалась в южных районах.

В октябре 1921 г. в Москве состоялся VIII Всероссийский электротехнический съезд, где с докладом «Электрификация сельского хозяйства» выступил В.З. Есин, член Госплана РСФСР, указавший на большие возможности применения электрической энергии в мелиорации и кустарной промышленности.

На съезде подчеркивалась необходимость сооружения сельских электростанций небольшой мощности, которые позволяют подготовить потребителя в деревне к будущей электрификации с помощью крупных районных электростанций без переделки оборудования. Надо отметить, что в то время сельское хозяйство получало электрическую энергию в основном от небольших электростанций единичной мощностью в несколько десятков киловатт. В 1918–1923 гг. электрификация села развивалась стихийно: не было организационного руководства, станции строились в основном без технических и экономических обоснований.

17 августа 1922 г. Всероссийский центральный исполнительный комитет (ВЦИК) и Совет труда и обороны (СТО) приняли совместное постановление о развитии электрификации поселков и деревень, где были намечены мероприятия по содействию в сооружении и эксплуатации кооперативами мелких электростанций местного значения. Во исполнение этого постановления стали создаваться товарищества по электроснабжению. Позже постановлением ВЦИК и СНК от 4 января 1923 г. о товариществах по электроснабжению было разрешено сооружение и последующая эксплуатация электростанций мощностью не более 500 кВт.

В 1922–1925 гг. для строительства и эксплуатации сельских электростанций было организовано несколько специализированных акционерных обществ, в том числе «Электросельстрой» под руководством В.З. Есина.

Таблица 1. Развитие сельских электростанций

Начало эксплуатации, годы	Электростанции:	
	Количество	Установленная мощность, кВт
1890–1895	2	14
1896–1900	3	70
1901–1905	12	297
1906–1910	25	384
1911–1915	31	417
1916	8	129
1917	7	59
1890–1917	88	1370
1918	17	264
1919	28	322
1920	45	936
1921	62	958
1922	52	733
1923	39	1248
1924	122	2358
1925	86	2022
1926	35	2529
1918–1926	486	11370

В те годы большое значение придавали паевым (кооперативным) товариществам сельской электрификации. Основой их образования был признан «Устав кооперативного товарищества по электрификации сельского хозяйства». Товарищества строили электростанции, линии электропередачи, монтировали электродвигатели, приобретая необходимое механическое и электрическое оборудование, выдавали членам товарищества ссуды и авансы на электрификацию, осуществляли подготовку кадров.

Кооперативные товарищества выполняли значительный объем работ по сельской электрификации и считались единой энергетической службой деревни.

Однако отсутствие опыта в проектировании и эксплуатации электростанций, использовании электроэнергии в крестьянских хозяйствах отрицательно сказывалось на развитии электрификации. Многие станции были нерентабельными. В отдельных случаях это приводило к их закрытию, но в то же время электрификация сельского хозяйства стала быстро развиваться, главным образом по линии применения электрического освещения, перевода на электропривод импортных молотилок и электрификации предприятий по переработке сельскохозяйственной продукции: льнозаводов, маслобойных заводов и т.д.

Вопросы электрификации сельского хозяйства были подвергнуты обстоятельному анализу на IX Всесоюзном электротехническом съезде, который состоялся 3–9 мая 1928 г. в Москве, где были обсуждены итоги сельской электрификации в СССР, и материалы к плану развития сельской электрификации в стране на предстоящее пятилетие, а также вопросы использования электроэнергии в отдельных процессах сельского хозяйства, их финансирования, требования к электрическим установкам с учетом специфики сельских потребителей и многие другие.

В докладах А.Б. Кравченко и Ю.В. Скобельцына приведены статистические данные показателей электрификации по районам страны.

К 1927 г. в стране электрификацией было охвачено менее 0,5% селений, и то электричеством здесь пользовалась примерно только одна треть дворов преимущественно для освещения. На один электрифицированный двор в среднем приходилось две лампы мощностью 50 Вт. В сельских местностях имелось 380 электродвигателей общей мощностью 3351 л.с. Средняя мощность, отнесенная на один электрифицированный двор, составляла около 0,03 л. с. Для сравнения: в Германии в это время было электрифицировано 90, в Дании – свыше 30, во Франции – около 16% хозяйств, а в Швеции – около 40%. Причем электроснабжение сельских потребителей в этих странах уже тогда осуществлялось исключительно от крупных районных электростанций.

В таблице 1 приведены сведения о развитии сельских электростанций в России, начиная с 1890 года, по данным анкетного обследования 1926 года.

За первые девять лет Советской власти число электростанций в России увеличилось более чем в 7 раз, а их средняя мощность – только в 1,5 раза (до 24 кВт). 75% общего числа сельских электростанций составляли установки постоянного тока низкого напряжения. Большинство электростанций имело плохое техническое состояние. 75% из них работали на тепловых двигателях: нефтяных, дизельных, реже керосиновых и паровых.

Попытка обосновать направления и задачи развития сельской электрификации с учетом конкретных условий районов была предпринята при составлении народно-хозяйственного плана страны на 1927–1932 гг. На IX Всесоюзном электротехническом съезде результаты этой работы были представлены в докладе В.З. Есина «Материалы к плану сельскохозяйственной электрификации на ближайшее пятилетие», где были представлены методические основы, заложенные при составлении пятилетнего плана. Они включают детальные расчеты стоимости работ, выполняемых мускульным трудом, механическими и электрическими двигателями. Было определено, при каких тарифах электроэнергия может конкурировать с другими видами энергии. Там же рассматривался энергетический баланс сельского хозяйства, дана оценка стоимости производства и передачи электроэнергии для всех вариантов электроснабжения, от малых сельских электростанций при промышленных предприятиях в сельских районах до сетей крупных районных электростанций.

Потребление электроэнергии в сельских районах в 1928–1932 гг. (табл. 2) намечалось в двух вариантах: минимальном и максимальном – в следующих размерах (в нижней строчке приведены данные по фактическому потреблению электроэнергии):

Таблица 2. Электропотребление в сельском хозяйстве

Потребление электроэнергии, кВт·ч:	элек-млн.	Годы				
		1928	1929	1930	1931	1932
плановое		17–21	25–35	37–55	50–82	71–120
фактическое		34	40	49	66	95

В 1933 г. потребление электроэнергии в сельском хозяйстве составило 116,6 млн. кВт·ч (0,7% от общего электропотребления в стране). Электрическая мощность сельскохозяйственных электроустановок составляла 78 тыс. кВт.

Большая подготовительная работа по сельской электрификации, проведенная за 10 лет Советской власти, дала положительные результаты. Намеченный план развития сельской электрификации был в основном выполнен.

Улучшилась электроэнергетическая база села – сооружение крупных районных электростанций и распределительных электрических сетей по плану ГОЭЛРО позволяли электрифицировать все большее число сел и сокращать строительство нерентабельных, маломощных сельских электростанций. В сельском хозяйстве электроэнергия применялась уже для молотыбы, водоснабжения, животноводства, орошения, в ремонтных мастерских совхозов и МТС.

Постановлением СТО от 15 июня 1928 г. «Электросельстрой» признан имеющим республиканское значение и действующим на территории РСФСР.

25 июля 1929 г. Совет Народных Комиссаров (СНК) СССР принял постановление «О финансировании сельской электрификации». Были установлены источники финансирования работ по электрификации и получатели ссуд.

В 1929 г. «Электросельстрой» организовал под руководством В.С. Краснова на территории ТСХА первую выставку по электрификации сельского хозяйства, где экспонировались главным образом импортные машины: автоматические безбашенные электроводокачки, электрокормозапарники, электроводоподогреватели, машины с электроприводом для подготовки кормов и машинки для электрострижки овец. Исключительно большое значение для развития энергетики и электрификации сельского хозяйства имели научно-исследовательские работы. План ГОЭЛРО стал основой, на которой развивалась в дальнейшем советская научная школа по электрификации сельского хозяйства.

Из первых работ по электроснабжению сельского хозяйства необходимо отметить статьи С.А. Бургучева и Ю.В. Скобельцына по вопросу о применении стальных проводов в сельских электрических сетях и о методах их электрического расчета, опубликованные в журнале «Электричество» в 1926 и 1927 годах. В тридцатые годы объем научных исследований по электрификации сельской местности значительно увеличился.

В 1929 г. в состав созданной Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук им. В.И. Ленина (ВАСХНИЛ) из девяти членов Академии наук СССР, занимающихся сельским хозяйством, вошли активные участники составления плана ГОЭЛРО академики И.Г. Александров – энергетик и гидротехник, В.Р. Вильямс – почвовед и луговод, Д.Н. Прянишников – агрохимик.

Президиум ВАСХНИЛ 18 февраля 1930 г. под председательством Президента академии академика Н.И. Вавилова по докладу проф. М.Г. Евреинова принял решение об организации в системе ВАСХНИЛ Научно-исследовательского института электрификации сельского хозяйства.

Коллегия Наркомзема СССР на заседании 28 марта 1930 г. постановила: **«В связи с огромным значением электрификации сельского хозяйства в деле социалистической реконструкции его и полной неизученности применения электричества в сельском хозяйстве признать необходимым организовать в системе Академии сельскохозяйственных наук Научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства».**

Коллегия Наркомзема обязала Президиум Академии и институт развернуть программу работ, которая гарантировала бы возможность рационального использования электроэнергии в сельском хозяйстве в широких масштабах уже в текущем пятилетии.

Главная цель создания института – реализация плана ГОЭЛРО по электрификации сельского хозяйства.

В создании и становлении ВИЭСХа большая роль принадлежала тогда уже академику АН СССР Г.М. Кржижановскому. Базой для создания ВИЭСХа были Отдел по применению электричества в сельском хозяйстве Всесоюзного электротехнического института им. В.И. Ленина (ВЭИ) в Дубровицах Подольского района Московской области, организованный в 1926 г. при активном участии проф. М.Г. Евреинова, участника разработки плана ГОЭЛРО, и кафедры электротехники Московской сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева (ТСХА), организованная в 1920 г. проф. Н.А. Артемьевым, крупным специалистом в области электротехники.

Постановлением Президиума ВАСХНИЛ 8 апреля 1930 г. директором института утвержден проф. М.Г. Евреинов, заместителями директора – проф. Н.А. Артемьев и Г.Л. Слободкин. Этим же постановлением Президиум Академии поручил институту подготовить и опубликовать в 1931 г. обзор о современном состоянии электрификации в СССР и за рубежом.

В начале тридцатых годов появились первые обобщающие работы по применению электроэнергии в сельском хозяйстве (М.Г. Евреинов, В.З. Есин, Ю.В. Скобельцын).

В 1931 г. М.Г. Евреиновым была переведена с английского языка книга одного из пионеров сельской электрификации известного ученого А.Б. Мэттьюса, описывающего способы применения электроэнергии в сельском хозяйстве различных стран.

М.Г. Евреиновым в дополнительных главах к книге Р.Б. Мэттьюса приведены основные результаты работ, выполненных в отделе ВЭИ в Дубровицах, в том числе данные по анализу зарубежных электродоильных аппаратов, послужившие позднее исходным материалом при разработке советских типов доильных машин. Там же сообщалось о работах по электрокультуре и светокультуре растений, проводившихся в ТСХА. Эта книга была практически первой научной публикацией в России по электрификации производственных процессов в сельском хозяйстве.

Немногочисленные кадры института составили инженеры, пришедшие с производства. В июле 1930 г. семь человек, наиболее успешно окончивших Московский электротехникум, были направлены на работу в ВИЭСХ (И.А. Будзко, В.Ф. Королев, И.И. Дмитриев, И.И. Валуев, В.В. Боков и др.).

В этот период становления большую помощь ВИЭСХ оказали крупнейшие ученые и сотрудники Академии наук СССР. В 1932 г. была налажена тесная связь с Физико-техническим институтом в г. Ленинграде. Его директор – академик А.Ф. Иоффе и другие специалисты оказали большую помощь в постановке научных исследований. В журнале «Электрификация сельского хозяйства» в 1931 г. (№ 7) была опубликована статья А.Ф. Иоффе «Электрические проблемы, выдвигаемые современной наукой», а в 1932 г. (№ 7) он опубликовал там же статью «Перспективы использования новых видов энергии во втором пятилетии», основные положения и выводы которой не потеряли своей актуальности и в настоящее время.

Позднее, примерно с 1937 г., ВИЭСХ вступил в тесный контакт с Энергетическим институтом им. Г.М. Кржижановского АН СССР (ЭНИН). Лично академик Г.М. Кржижановский и его ближайшие сотрудники – академик К.Н. Шенфер, член-корреспондент АН СССР В.И. Вейц и др. оказали ВИЭСХ неоценимую помощь в организации исследований широкого энергетического плана, помогли увязать исследо-

вания в области сельской электрификации с задачами общей энергетики страны, содействовали подготовке научных кадров. Докторантами ЭНИНа были четыре сотрудника ВИЭСХ (И.А. Будзко, Н.А. Сазонов, А.Г. Захарин, П.Н. Листов) и в 1946–1950 гг. они успешно защитили докторские диссертации. Научным консультантом по докторской диссертации И.А. Будзко был крупнейший электромеханик академик К.И. Шенфер. Академики А.Ф. Иоффе и К.И. Шенфер с 1934 года были членами научного (ученого) совета ВИЭСХ.

Большую роль в становлении и развитии ВИЭСХ сыграли его директора, крупные ученые и талантливые организаторы: А.А. Шлихтер (1931–1933 гг.), Н.А. Сазонов (1933–1937 гг.), директора ВИМЭ с 1937 по 1948 гг. Г.П. Зиновьев, Н.А. Сороко, М.С. Сиваченко, В.С. Краснов, М.Е. Бейлис; с мая 1948 г. ВИЭСХ возглавляли М.Е. Бейлис, В.Ф. Воробьев, И.А. Будзко, Б.В. Смирнов, А.В. Демин, В.А. Зуев, Л.Г. Прищеп, В.И. Сыроватка и с 1987 г. по настоящее время Д.С. Стребков.

В 1930–40 годы решались вопросы перевода с ручного, конного и механического привода сельскохозяйственных машин на электропривод. После 1929–1931 гг. – периода коллективизации сельского хозяйства – начала развиваться электромеханизация животноводства, в первую очередь молочных ферм.

В те годы институтом были созданы первые отечественные доильные аппараты (В.Ф. Королев, Н.М. Аронович, Д.Д. Мартюгин, В.С. Краснов), опытные образцы электротракторов (П.Н. Листов, В.Г. Стеценко), электропривод молотилок и многих других сельскохозяйственных машин (В.С. Краснов, Г.И. Назаров, А.А. Краснов, Л.Я. Цивьян, М.И. Цейтлин), электромеханические агрегаты для стрижки овец (В.А. Фадеев, А.В. Перчихин), совместно с опытной станцией ТСХА проведены исследования по применению электроэнергии в овощеводстве (Б.А. Протопопов, Е.Д. Корольков, И.А. Будзко, А.А. Цекулина, В.В. Боков, Н.И. Гаврилов). Изучались вопросы воздействия на животных ультрафиолетового излучения (В.М. Вадимов, Е.А. Новикова). Под руководством М.Г. Евреинова глубокие исследования проводила электробиологическая лаборатория.

В 1930–1931 гг. «Электросельстрой» под руководством В.С. Краснова организовал первый в СССР опытный электрифицированный совхоз им. Фрунзе около г. Иваново-Вознесенска. В совхозе доение коров было переведено на электродойку (с помощью импортных машин «Альфа-Лаваль»), применяли подвесные дороги, электрокары, электрифицированный кормоцех и молочный блок, использовали ультрафиолетовое облучение животных и т.п. Были созданы первые электромеханизированные молочные фермы в совхозах «Лесные Поляны», «Коммунарка», колхозах им. Тельмана и «Пламя» Московской области. Ряд заводов начал производство машин для животноводства, разработанных институтом.

16–17 ноября 1934 г. в Москве состоялось Всесоюзное совещание по итогам электромолотьбы и комплексной электрификации за 1934 г. и перспективам электрификации сельского хозяйства в 1935 г., созванное Всесоюзным энергетическим комитетом рабочей, научной и инженерно-технической общественности (ВЭК РНИТО), Наркомземом СССР, Госпланом СССР и ВИЭСХом.

В работе совещания приняли участие местные руководящие работники по сельской электрификации: управляющие и главные инженеры областных трестов Сельэлектро, представители групп электрификации областных земельных управлений, плановых комиссий, отдельных сельских электростанций. С докладами выступи-

ли Я.С. Теплицкий (Сельэлектро Наркомзема СССР), С.В. Щуров (Госплан СССР), М.И. Цейтлин (ВИЭСХ), Р.Е. Гельман (Моссельэлектро), А.Г. Пасынков (Сектор электрификации Наркомзема УССР), П.Е. Валов (Днепросельэлектро), Г.И. Зеберг (Свердловская контора Сельэлектро). На совещании выступили заместитель наркома земледелия А.И. Муралов (с 1935 по 1937 гг. Президент ВАСХНИЛ) и председатель ВЭК РНИТОЭ Г.И. Ломов.

В 1937 г. на II Всесоюзной сельскохозяйственной выставке (ВСХВ) колхозы и совхозы демонстрировали машинное доение коров, средства механизации кормоприготовления, уборки навоза, водоснабжения, вентиляции помещений, ультрафиолетового облучения молодняка. Многие из этих экспонатов были разработаны ВИЭСХом, который принял активное участие в организации и проведении выставки.

В эти годы институт имел пять филиалов: Днепропетровский (в дальнейшем Запорожский), Ленинградский, Закавказский (Тбилисский), Климентьевский и при совхозе «Очаково» Московской области.

Запорожский филиал был организован в 1930 г. как опытная станция на острове Хортица, в крупном совхозе, рядом с Днепровской ГЭС. В 1934 г. опытная станция была преобразована в филиал ВИЭСХ. Основателем и директором филиала был М.Е. Бейлис, впоследствии директор ВИМЭ и ВИЭСХ.

До Великой Отечественной войны филиал работал по вопросам: электромеханической обработки почвы, электромолотбы, электрификации животноводческих и прицеводческих ферм, электрификации теплиц и парников, а также по широкой электрификации сельскохозяйственного производства Запорожского района. В своей деятельности филиал в то время уделял большое внимание внедрению разработанных способов и технических средств в сельскохозяйственное производство путем организации образцовых ферм и хозяйств в ряде областей Украины (М.Е. Бейлис, Г.В. Горновесов, В.А. Пичак, П.С. Воробьев и др.).

В годы войны филиал был эвакуирован в Казахскую ССР (с 1941 по 1944 гг.). Здесь проводились работы по электромеханизации сельского хозяйства республики, разрабатывались схемы и оборудование малых ГЭС и др.

Известные ученые А.И. Амираджиби и А.К. Дидебулидзе, работавшие в Тбилисском филиале, создали один из первых образцов электротракторов с кабельным питанием.

По результатам научных исследований и зарубежного опыта в 1933 г. вышла в свет двухтомная монография «Электрификация сельского хозяйства», написанная коллективом авторов под общей редакцией М.Г. Евреинова, являющаяся учебным пособием для высших учебных заведений по механизации и электрификации сельского хозяйства. В том же году была издана книга Ю.В. Скобельцына «Электрификация сельского хозяйства (Основы применений электрической энергии в сельском хозяйстве)», а в 1935 г. – его же учебник для растениеводческих и животноводческих ВУЗов «Основы электрификации сельского хозяйства».

В ВИЭСХе в те же годы сформировалась школа специалистов по электроснабжению сельского хозяйства, выполнявшая ряд работ по регулированию напряжения в сельских электрических сетях, использованию земли в качестве одного из проводов, по однофазно-трехфазным сетям и др. (А.Г. Захарин, Л.Е. Эбин, И.А. Будзко). Большое внимание уделялось поискам путей удешевления сельских распределительных сетей, снижения расхода металла и других материалов.

Крупные работы по электроснабжению сельского хозяйства в 30-х годах велись в Ленинградском филиале под руководством профессора Ю.В. Скобельцына. Здесь в 1933 г. было выпущено первое в СССР учебное пособие для высших учебных заведений по электрификации сельского хозяйства.

Уже в начале тридцатых годов П.С. Орешкинский предложил систему распределения электроэнергии «два провода – земля» (ДПЗ), в которой вместо третьего провода в высоковольтных сетях использовалась земля. Таким образом, расход металла на производстве проводов и изоляторов был снижен почти на треть. В.А. Терехин предложил для электроснабжения осветительных и небольших силовых нагрузок в сельском хозяйстве систему «один провод – земля», в которой вместо двух проводов применялся один, а вторым служила земля.

Л.Е. Эбин совместно с Ш.М. Алукером и другими осуществил теоретическую разработку вопросов, связанных с применением системы ДПЗ. В 1940 г. было издано «Руководство по электрическому расчету трехфазных сетей с использованием земли в качестве одного из проводов». Система получила применение при электрификации аграрного сектора на Урале, в Армении, Грузии, районах Северо-Запада России и др. Сети строились на напряжение от 3 до 35 кВ. Опыт их эксплуатации подтвердил, что при выполнении соответствующих технических требований система ДПЗ может обеспечить качественные показатели электроснабжения.

А.Г. Захарин и И.А. Будзко, который является основоположником науки по электроснабжению сельского хозяйства, разработали вопросы применения однофазно-трехфазной системы распределения электроэнергии, которую они называли «смешанной системой». Они выполнили ряд работ по регулированию напряжения в сельских сетях. Опытная партия регуляторов напряжения была изготовлена в мастерских Сельэлектро г.Одессы.

Следует отметить работы, выполнявшиеся Союзсельэлектро и позднее Главсельэлектро совместно с ВИЭСХом по вопросам проектирования и методам инженерных расчетов сельского электроснабжения. Были разработаны методы расчета электрических сетей по допускаемым отклонениям напряжения на зажимах токоприемников потребителей, получившие применение сначала в сельской электрификации, а затем и в других отраслях народного хозяйства. В 1935–1936 гг. в сельских сетях было введено напряжение 10 кВ. Систематически разрабатывались руководящие материалы по проектированию, расчету электрических нагрузок и т.п. Статьи по этим вопросам публиковались в журналах «Электричество», «Электрификация», (издававшимся в 1921–1929 гг.), «Электрификация и электромонтер» (1929–1930 гг.), а позднее в журнале «Электрификация сельского хозяйства», выходившем в 1931–1937 гг. и являвшимся одно время органом ВИЭСХ.

Опыт работы акционерного общества «Электросельстрой», кооперативных товариществ, Бюро и Отдела по электрификации сельского хозяйства позволили образовать в 1930 г. более совершенный орган в системе Наркомзема СССР по руководству сельской электрификацией – Всесоюзное объединение по электрификации сельского хозяйства «Союзсельэлектро». Впоследствии оно было преобразовано в Главное управление по электрификации сельского хозяйства Минсельхоза СССР (Главсельэлектро). Наркомат совхозов СССР также создал Управление электрификации совхозов.

Во всех союзных республиках, в большинстве краев и областей страны действовали тресты и конторы Главсельэлектро, строившие сельские электростанции и занимавшиеся электрификацией сельскохозяйственного производства. Они же эксплуатировали сельские государственные электростанции и электросети, создавая для этого ремонтно-производственную базу, выполняли проектные работы и оказывали техническую помощь колхозным электростанциям. Подразделения Главсельэлектро в довоенные и послевоенные годы выполняли значительный объем работ по электрификации сельской местности.

В июле 1937 г. Всесоюзный институт электрификации сельского хозяйства был объединен с Всесоюзным НИИ механизации сельского хозяйства и преобразован во Всесоюзный научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства (ВИМЭ). Как самостоятельный институт ВИЭСХ был восстановлен в 1948 г. Перемены в статусе института, а также война 1941–1945 гг. резко сократили объем научных исследований по сельской электрификации. Однако и в этот период проводился ряд исследований по применению асинхронных генераторов для электроснабжения машинно-тракторных станций, переводу нефтяных двигателей на местное твердое топливо путем его газификации и др.

В 1937 г. Наркомземом СССР на Всесоюзном совещании по электрификации сельского хозяйства и позже постановлением Экономсовета при Совнаркоме СССР от 29 июня 1939 г. были утверждены мероприятия по дальнейшему росту строительства малых ГЭС.

Однако в целом электрификация аграрного сектора в 30-е годы развивалась медленно. Перед началом Великой Отечественной войны, в 1940 г., только 4% колхозов пользовались электроэнергией, и то главным образом для освещения. Общая мощность всех сельских электростанций составляла тогда 265 тыс. кВт. Колхозы и совхозы получали электроэнергию в основном от мелких электростанций. В совхозах и МТС это были дизельные станции либо агрегаты с приводом от двухтактных нефтяных двигателей. Колхозы, наряду с такими установками, сооружали гидростанции на малых реках, работали ряд локомобильных электростанций.

Примерной сельской тепловой электростанцией в то время считалась электростанция в тогдашнем Мосоловском районе Рязанской области. Станция имела один агрегат, состоящий из дизеля мощностью 110 кВт (150 л. с.), соединенного ременной передачей с генератором трехфазного тока 6,6 кВ, 125 кВ·А. Сеть напряжением 6 кВ с длиной в 15 км с 12-ю трансформаторными пунктами питала 8 деревень и районный центр. Силовая нагрузка включала шесть электродвигателей для привода молотилок, три – на мельнице и три – на самой электростанции.

Было построено несколько достаточно крупных сельских гидроэлектростанций. «Сельским Днепрогэсом» называли Корсунскую ГЭС Киевской области УССР (впоследствии Корсунь-Шевченковская ГЭС) с двумя гидроагрегатами по 980 кВт.

В последующие годы неподалеку от Корсунь-Шевченковской ГЭС, на реке Рось, были построены еще две ГЭС: Стебловская и Богуславская, работавшие в системе с тепловыми электростанциями сахарных заводов. Строительство этих ГЭС, как гидротехническое, так и электротехническое, производил Всесоюзный трест электрификации сельского хозяйства Наркомзема СССР.

Война 1941–1945 гг. нанесла огромный ущерб сельским электроустановкам, многие из них были разрушены.

В годы войны началось движение за развитие электрификации в восточных районах страны. Используя местные ресурсы, колхозы с помощью промышленных предприятий строили собственные тепловые и гидроэлектростанции. В Свердловской области, например, благодаря этому в короткие сроки были электрифицированы многие колхозы.

Уже в конце войны, в 1944 г., группа специалистов под руководством профессора М.Г. Евреинова вплотную занялась разработкой перспективных наметок по электрификации сельского хозяйства СССР.

Совет Народных Комиссаров СССР постановлением от 8 февраля 1945 г. «О развитии электрификации» одобрил инициативу местных организаций по электрификации и строительству мелких электростанций. Был утвержден план строительства и ввода в действие в 1945 г. сельских электростанций. Правительство обязало Всесоюзную академию сельскохозяйственных наук им. В.И. Ленина расширить научно-исследовательские работы Всесоюзного научно-исследовательского института механизации и электрификации сельского хозяйства в области производства, распределения и применения электроэнергии в сельском хозяйстве.

В послевоенные 40–50 годы ВИМЭ-ВИЭСХ активно участвовал в восстановлении сельской энергетики и электрификации.

28 мая 1948 г. Совет Министров СССР принял постановление «О плане развития сельской электрификации на 1948–1950 гг.», в котором были утверждены мероприятия, обеспечивающие развитие сельской электрификации, указано на необходимость строительства межколхозных гидроэлектростанций укрупненной мощности и сельских энергетических систем с параллельно работающими гидравлическими и тепловыми электростанциями.

Совет Министров СССР обязал Министерство сельского хозяйства СССР восстановить в 1948 г. Всесоюзный научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства (ВИЭСХ). Этим же постановлением ВИЭСХу был передан Запорожский филиал ВИМЭ с подсобным хозяйством на острове Хортица и организованы филиалы ВИЭСХ в Ленинграде (ныне Санкт-Петербург), Ташкенте, Тбилиси и Свердловске (ныне Екатеринбург).

В этот период были сооружены крупные для своего времени государственные и межколхозные электростанции: Рассыпухинская в Рязанской области мощностью 2000 кВт, Отрадненская 1200 кВт в Краснодарском крае, Сторожковская 880 кВт в Ставропольском крае и ряд других.

В марте 1946 г. Наркомат земледелия СССР законом Верховного Совета СССР был преобразован в Министерство сельского хозяйства СССР. В структуре министерства были сохранены Главное управление сельской электрификации и его подразделения на местах. В составе Главсельэлектро созданы управления по строительству и монтажу сельских электроустановок, эксплуатации сельских электростанций, руководству промышленными предприятиями системы «Сельэлектро», материально-техническому обеспечению. Согласно постановлению Совета Министров СССР «О плане развития сельской электрификации на 1948–1950 годы», на Главсельэлектро возложены обязанности по оказанию на договорной основе организационной и технической помощи колхозам в эксплуатации принадлежащих им электростанций и электротехнических сетей. Ему постоянно передавались на баланс крупные колхозные и межколхозные электростанции, линии электропередачи и трансформаторные подстанции, в том числе и подключенные к государственным энергосистемам.

За время существования Главсельэлектро накоплен опыт работы единой энергетической службы на селе, выполнен значительный объем работ по электрификации сельского хозяйства. В системе Главсельэлектро работали краевые и областные строительно-монтажные и эксплуатационные тресты и конторы, ремонтно-эксплуатационные предприятия и организации, электромеханические заводы, проектные организации.

По планам, составленным в Главсельэлектро, в 40-х и 50-х годах велось строительство сельских электроустановок. Республиканским и местным организациям предложено начать подготовку электротехнических кадров, а высшим учебным заведениям – расширить подготовку специалистов-электриков.

В 1946 г. в системе Минсельхоза СССР была создана Государственная инспекция по техническому надзору и контролю за сельскими электростанциями, электроустановками и паровыми котлами.

Финансирование сельской электрификации производилось за счет различных источников. Из государственного бюджета финансировалось только строительство крупных сельских электростанций мощностью более 1000 кВт, высоковольтных линий электропередачи, трансформаторных подстанций, электроустановок, обслуживающих государственные предприятия и организации: МТС, МТМ, совхозы и др. Электроустановки, обслуживающие колхозы, финансировались из средств самих колхозов и за счет сельскохозяйственного кредита. Строительство межколхозных электроустановок финансировалось пропорционально вкладу их средств в стоимость строительства. Электроустановки, обслуживающие районные центры, финансировались за счет коммунального кредита. Внутреннее электрооборудование домов колхозников и сельских жителей производилось за счет их средств, а электрооборудование общественных построек и предприятий колхозов – за счет средств колхозов и сельхозкредита. Эксплуатация государственных электроустановок осуществлялась организациями Сельэлектро, межколхозных и колхозных – на основе договоров с конторами Сельэлектро.

Предусматривалось всемерное развитие отечественной электротехнической промышленности, в которой в те годы доминировало зарубежное оборудование (его удельный вес достигал 70%).

Энергетическая и электротехническая промышленность СССР в 50-х годах освоила изготовление всего необходимого оборудования и обеспечивала развитие сельской электрификации страны. Предприятия Министерств машиностроения и приборостроения СССР выпускали первичные двигатели и гидротурбины для сельских электростанций (Уралгидромаш, Уралэлектроаппарат и др.). Заводы электропромышленности производили генераторы (Завод им. М.И. Калинина, Электросила, ХЭМЗ). Генераторы выпускал также Московский завод Главсельэлектро МСХ СССР, трансформаторы – Московский трансформаторный завод, Горьковский завод Главсельэлектро, высоковольтное и низковольтное оборудование, кабели и провода – заводы "Электроаппарат", Уралэлектроаппарат, кабельные заводы.

Заводы Министерств металлургической промышленности поставляли неизолированные провода для сельских воздушных ЛЭП, Министерства тяжелого машиностроения – локомотивы, газогенераторы и т.п. Предприятия местной промышленности и организации промысловой кооперации изготавливали изоляторы, ролики, крепежные детали.

Производство электрооборудования было организовано на электромеханических заводах Главсельэлектро МСХ СССР (Московский, Ленинградский, Казанский, Симферопольский, Новосибирский, Курганский, Калининский и др.).

В 1948 г. в г. Ереване и в 1953 г. в г. Тбилиси Научно-техническое общество энергетической промышленности совместно с ВИЭСХ провели научно-технические совещания по вопросам создания нового энергетического и совершенствования существующего оборудования, средств автоматизации сельских электроустановок. В совещании приняли участие представители организаций Сельэлектро, Министерств электротехнической промышленности, электростанций, научно-исследовательских учреждений и учебных заведений.

В 60 – 70-е годы электротехническая промышленность увеличила выпуск электрооборудования для электроснабжения сельского хозяйства и электромеханизации производственных процессов. В 1966–1977 гг. для сельских электрических распределительных сетей поставлены трансформаторы общей мощностью 90 млн. кВт·А, электродвигатели мощностью до 100 кВт – 27,5 млн. штук, различные типы комплектных устройств.

В 1978 г. сельскому хозяйству поставлялось 228 типов электрооборудования, в том числе 153 типа – специального сельскохозяйственного исполнения.

В 1961 г. в связи с реорганизацией Министерства сельского хозяйства СССР службы Главсельэлектро со всеми подведомственными предприятиями и организациями были переданы вновь созданному Всесоюзному объединению «Союзсельхозтехника».

В период послевоенного восстановления народного хозяйства ущерб, нанесенный войной сельским электроустановкам, был быстро ликвидирован. Уже в 1946 г. потребление электроэнергии на селе превысило довоенный уровень.

Послевоенные годы ознаменовались значительным расширением фронта научных работ по энергетике и электрификации сельского хозяйства.

На развитие сельской энергетики и связь ее с задачами общей энергетики страны оказал большое влияние видный государственный деятель, ученый-энергетик академик Г.М. Кржижановский (1872–1959 гг.).

Исключительно большое значение для развития электрификации сельского хозяйства страны имели работы академика ВАСХНИЛ и Россельхозакадемии И.А. Будзко. Свою научную деятельность он начал в ВИЭСХ в 1930 г., работая в области электрификации овощеводства. С 1934 г. И.А. Будзко полностью переключился на вопросы электроснабжения сельского хозяйства. В то время в ВИЭСХе была организована лаборатория производства и распределения электроэнергии, существующая до настоящего времени.

Под руководством И.А. Будзко сложилась и развилась научная школа по электроснабжению сельского хозяйства. Эти работы изложены в монографиях "Сельские электрические сети" (1963 г.), "Теоретические основы электроснабжения сельского хозяйства" (1964 г.), а также во многих других изданиях (И.А. Будзко, А.Г. Захарин, Л.Е. Эбин, М.С. Мурадян, А.И. Якобс, Н.М. Зуль и др.).

В 1945 г. работы по электрификации сельского хозяйства получили развитие в Энергетическом институте Академии наук. Начатые в 1935–1936 гг. под руководством Г.М. Кржижановского и В.И. Вейца, они были продолжены в энергетических учреждениях Академии наук Украины, Белоруссии, Армении, Азербайджана, Литвы,

Эстонии, Латвии, Казахстана, Киргизии, а также в филиалах АН СССР – Карельском, Коми, Казанском, Дагестанском и Западносибирском, где проводились комплексные исследования по вопросам электрификации сельскохозяйственного производства.

В 1949 г. издательство «Сельхозгиз» издало «Справочник по электрификации сельского хозяйства» под научной редакцией И.Г. Евреинова, М.Ф. Пояркова, В.Н. Степанова, М.Е. Бейлиса, А.М. Саркисяна, подготовленный специалистами и научными работниками Главсельэлектро Минсельхоза СССР и ВИЭСХ. Он состоял из трех разделов: сельские электростанции, распределение электрической энергии и применение электричества в сельском хозяйстве.

После Великой Отечественной войны в стране появилось около 200 небольших проектных организаций по сельской электрификации. Но их деятельность недостаточно координировалась и направлялась. Это приводило к сооружению в сельской местности дорогостоящих, зачастую недостаточно рентабельных электроустановок. Требовалась разработка типовых решений и типовых проектов. С этой целью в 1946 г. в Главсельэлектро организуется Всесоюзная контора по типовому проектированию сельских электроустановок.

В 1951 г. Совет Министров СССР утвердил «Положение о порядке строительства и эксплуатации межколхозных электростанций и электроустановок». Было принято постановление «О замене колхозных электростанций, работающих на жидком топливе, гидроэлектростанциями и тепловыми электростанциями, работающими на местном топливе, и о восстановлении бездействующих сельских гидроэлектростанций».

6 апреля 1951 г. постановлением Совета Министров СССР в системе Министерства сельского хозяйства СССР учреждается Всесоюзный государственный институт проектирования сельской электрификации (Гипросельэлектро) с 13-ю филиалами в союзных республиках и областях РСФСР.

В первые годы своей деятельности ВГПИ «Гипросельэлектро» в тесном сотрудничестве с ВИЭСХом разрабатывает автоматизированные дизельные и гидравлические электростанции, базирующиеся на местных ресурсах, электрические линии, трансформаторные подстанции, проектирует электрификацию производства в колхозах и совхозах. Институт создал ячеистую конструкцию плотин из сборного железобетона. Было составлено 45 схем энергетического использования рек, разработаны основные положения по проектированию сельских электроустановок. Последние обеспечивали проведение в жизнь единой технической политики в области сельской электрификации.

В 1959 г. ВГПИ «Гипросельэлектро» утвержден ведущим институтом по проектированию объектов сельской электрификации. В связи с этим организуется методическая помощь местным проектным, строительно-монтажным и эксплуатационным организациям системы «Сельэлектро», расширяется объем работ по типовому проектированию, увеличивается тематика научно-исследовательских работ в центральном производстве и Украинском отделении.

В 1961 г. «Гипросельэлектро» переходит в ведение Всесоюзного объединения «Союзсельхозтехника». Разрабатываются типовые проекты двух- и трехагрегатных дизельных электростанций мощностью 50–3000 кВт. Совет Министров СССР утверждает ВГПИ «Гипросельэлектро» головным и ведущим институтом в области проектирования дизельных электростанций.

13 апреля 1963 г. институт передан в ведение Государственного производственного комитета по энергетике и электрификации СССР. Ему присвоено новое название – Всесоюзный научно-исследовательский и проектный институт по электроснабжению объектов сельского хозяйства и других потребителей в сельских районах – «ВНИПИсельэлектро». В составе института было 13 отделений, 2 экспедиции и отдел комплексного проектирования. Отделениям, в свою очередь, подчинялись еще 17 ОКП и 4 экспедиции.

ВНИПИсельэлектро разрабатывал типовые конструкции опор для линий электропередачи напряжением 20 кВ и ниже, а также для линий электропередачи напряжением 35 кВ со штыревыми изоляторами; типовые проекты однострансформаторных подстанций напряжением 110/35/10 и 110/10 кВ с трансформаторами мощностью до 10 тыс. кВ·А, одно- и двухтрансформаторных подстанций напряжением 35/10 кВ с трансформаторами мощностью 4 тыс. кВ·А с предохранителями на стороне 35 кВ, подстанций напряжением 35/0,4 кВ и все типовые проекты подстанций напряжением 20 кВ и ниже.

29 августа 1969 г. ВНИПИсельэлектро преобразован во Всесоюзный государственный проектно-изыскательский и научно-исследовательский институт «Сельэнергопроект» в системе Минэнерго СССР, с 1993 г. – в акционерное общество открытого типа по проектированию сетевых и энергетических объектов АООТ «РОСЭП».

И все же положение дел с электрификацией сельского хозяйства в послевоенные годы нельзя было признать удовлетворительным. Видимо, по инерции, а также из-за дефицита электроэнергии колхозам было запрещено пользоваться электростанциями на жидком топливе и присоединять их к сетям энергетических систем, даже когда они проходили поблизости. Ставилась задача электрифицировать сельское хозяйство с использованием только местных энергетических ресурсов.

Использование только мелких сельских электростанций с электроэнергией, стоимость которой в десятки раз выше стоимости энергии от энергосистем, при ненадежной ее подаче не позволяли широко осуществлять даже электрификацию жилых домов.

Только 25 августа 1953 г. Совет Министров СССР издал постановление «О проведении работ по электрификации колхозов путем присоединения к государственным энергосистемам, промышленным и коммунальным электростанциям». Таким образом, разрешением присоединять колхозы к сетям энергосистем отрасль сельского хозяйства уравнивалась с другими отраслями народного хозяйства: промышленностью, транспортом и т.д. В 1953 г. сельское хозяйство СССР получило только 2,7 млрд. кВт·ч электроэнергии, из них 2/3 – от собственных мелких электростанций колхозов и совхозов.

В этот период научные исследования, проводимые в ВИЭСХ, его филиалах и других НИИ и ВУЗах, были сосредоточены на обосновании экономической эффективности электрификации, выборе направлений и уровней электрификации и электромеханизации сельскохозяйственного производства, разработке рациональных схем сельского электроснабжения, использования сельских электростанций, электрификации отдельных трудоемких процессов, особенно в животноводстве.

Наряду с научными учреждениями по сельской электрификации в начале 30-х годов XX столетия создавались высшие учебные заведения этого профиля. Первым из них в 1930 г. был создан факультет электрификации сельского хозяйства Московско-

го института механизации и электрификации сельского хозяйства (МИМЭСХ), в настоящее время Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина (МГАУ). На кафедрах факультетов электрификации развернулись многочисленные научные исследования.

В послевоенное время в 40-е, 50-е и 60-е годы сложилась значительная сеть научных учреждений по сельской электрификации, которую возглавляет ВИЭСХ как головной институт. В 1957 г. решением ВАСХНИЛ в ВИЭСХ из ВИМа были переданы лаборатории, занимающиеся механизацией животноводства, теплофикацией и ветроиспользованием. ВИЭСХу было поручено также возглавить научно-исследовательские работы в стране по электрификации, механизации и автоматизации животноводства.

В те годы отделы или лаборатории электрификации сельского хозяйства имели восемь научно-исследовательских институтов механизации и электрификации сельского хозяйства в Ленинграде, Киеве, Минске, Алма-Ате, Ташкенте, Тбилиси, Зернограде и др. Основой создания этих подразделений в Ленинграде, Ташкенте, Тбилиси были филиалы ВИЭСХ.

В 1966 г. Запорожский филиал ВИЭСХ был реорганизован в Центральный научно-исследовательский институт механизации и электрификации животноводства Южной зоны СССР (ЦНИПТИМЭЖ).

К середине 60-х годов в двадцати высших учебных заведениях действовали факультеты электрификации сельского хозяйства с соответствующими специальными кафедрами. Как уже отмечалось выше, в научные исследования включились проектные организации по сельской электрификации.

В 60-х годах организован отдел сельскохозяйственного электропривода в институте ВНИИэлектропривод Минэлектротехпрома СССР.

В 1956 г. XX съезд КПСС утвердил Директивы по шестому пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1956–1960 гг., в которых было намечено, что наряду с дальнейшим внедрением электроэнергии в промышленность следует осуществить более широкую электрификацию транспорта и сельского хозяйства, а также улучшить снабжение городов электроэнергией.

Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 21 февраля 1961 г. «Об электрификации сельского хозяйства в 1961–1965 гг.» предусмотрено широкое присоединение колхозов к сетям государственных энергосистем, электростанций и тяговым подстанциям электрифицированных железных дорог.

В постановлении Совета Министров СССР от 18 января 1963 г. «О мерах по ускорению электрификации сельского хозяйства» отмечено, что задания по электрификации сельского хозяйства, установленные постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 21 февраля 1961 г., выполняются неудовлетворительно, и принято решение о повышении, начиная с 1963 г., темпов строительства сельских линий электропередачи, районных и потребительских подстанций и других электроустановок, обеспечивающих создание наиболее экономичной и надежной базы электроснабжения сельскохозяйственного производства и быта сельского населения.

Этим же постановлением в ведение Минэнерго СССР были переданы проектные, строительно-монтажные, ремонтные и эксплуатационные организации, выполняющие работы по сельской электрификации. Тем самым была упразднена служба Главсельэлектро. При массовой передаче электросетевого хозяйства колхозов и сов-

хозов на баланс государственных энергосистем передавались все материальные и трудовые ресурсы. В те же годы был образован Всесоюзный производственно-технический трест «Энергосельхозконструкция», а вскоре в Ленинграде проведено Всесоюзное совещание по применению электроэнергетики в сельском хозяйстве.

С 1964 г. начался новый этап электрификации сельского хозяйства, когда все сельское электроснабжение было передано в ведение Минэнерго СССР. К этому времени в сельском хозяйстве постоянно работали более 100 тыс. мелких электростанций. Их эксплуатацией было занято до миллиона человек. Стоимость электроэнергии, вырабатываемой этими станциями, была высокой, а надежность – довольно низкой. На большинстве сельских электростанций использовались тракторные дизели с малым моторесурсом (всего несколько тысяч часов). Задача заключалась в быстром строительстве сельских электрических сетей на напряжение 10 и 0,38 кВ и присоединении их к сетям энергосистем.

В период начала массовой электрификации сельского хозяйства и строительства сельских электрических сетей важнейшими задачами стали: прогнозирование развития направлений электрификации, разработка перспективных схем электроснабжения сельских районов, моделирование и автоматизация расчета сетей, электромеханизации технологических процессов, теплоснабжение и разработка теплоэнергетического оборудования.

15–18 сентября 1964 г. в г. Баку проведено Всесоюзное научно-техническое совещание по электроснабжению сельского хозяйства. Оно было организовано Госкомитетом по координации научно-исследовательских работ СССР, Государственным производственным комитетом по энергетике и электрификации СССР, Госкомитетом по электротехнике при Госплане СССР, Всесоюзной академией сельскохозяйственных наук, Центральным правлением НТО энергетической промышленности, а также Азглавэнерго. Председателем Оргкомитета совещания был директор ВНИПСельэлектро М.Я. Алышев, ученый секретарь Н.Ф. Молоснов (ВАСХНИЛ, ВИЭСХ). В работе совещания принял участие председатель Государственного производственного комитета по энергетике и электрификации СССР, министр П.С. Непорожний.

После этого на базе территориальных и краевых трестов и областных строительно-монтажных контор системы Главсельэлектро Минсельхоза в структуре Минэнерго СССР было создано Главное управление по строительству сельских электрических сетей на территории РСФСР (Главсельэлектросетьстрой). В его составе были организованы региональные тресты, а в автономных республиках, краях и областях – передвижные механизированные колонны (ПМК). В ПМК, в свою очередь, создавались механизированные отряды и бригады энергостроителей. В 1984 г., например, Главсельэлектросетьстрой имел 26 трестов и 25 заводов.

В разное время управление возглавляли известные специалисты энергетике, талантливые организаторы А.Я. Мельников, заслуженные строители РСФСР В.Ф. Козырев и Г.М. Дегтярев.

6 ноября 1964 г. Совет Министров СССР принял постановление «О повышении надежности электроснабжения и улучшении использования электроэнергии в сельском хозяйстве», а 17 декабря 1965 г. – постановление «О снижении тарифа на электрическую энергию, отпускаемую государственными энергосистемами и электростанциями на производственные нужды колхозам, совхозам и другим сельскохозяйственным предприятиям».

В середине шестидесятых годов 20-го столетия в СССР сформировалась и развивалась научная школа по электрификации сельского хозяйства. Основные результаты этого научного направления опубликованы под редакцией академика ВАСХНИЛ П.Н. Листова в 1967 г. в научных трудах ВИЭСХ (том XX) «Научные основы электрификации сельского хозяйства».

Восьмая и девятая пятилетки (1966–1975 гг.) стали годами широкомасштабного строительства сельских электрических сетей. Были годы, когда в Советском Союзе сооружалось 275–300 тыс. км сельских линий электропередачи. СССР стал страной широкой электрификации сельского хозяйства, когда практически каждое сельскохозяйственное предприятие имело дешевую электроэнергию.

В этот период перед научными организациями стали задачи научного обоснования системы энергообеспечения сельского хозяйства, увязывающей объем производства продукции сельского хозяйства при существующих и перспективных технологиях с энергетической их оснащенностью, разработки нормативов потребления ТЭР в сельскохозяйственных технологиях, эффективности использования различных энергоносителей в сельскохозяйственном производстве и в быту села, а также эффективности электрификации энергоемких стационарных и мобильных процессов.

Также очень важным было обосновать перед плановыми органами (Госплан СССР) потребность сельского хозяйства в энергоресурсах, причем в качественных энергоносителях, т.к. часто сельское хозяйство снабжалось по остаточному принципу и низкокачественными видами топлива.

Научно обоснованный прогноз потребностей сельского хозяйства в различных видах энергоресурсов позволял хозяйственным органам планировать сельскохозяйственный заказ на различные виды топлива, а также на тепловую и электрическую энергию. Кроме того, это являлось основой для перспективного проектирования сельских электрических сетей.

К началу 80-х годов сельский электроэнергетический комплекс СССР представлял собой огромное предприятие. Протяженность сельских электрических линий достигла почти 4 млн. км, в том числе более 320 тыс. км линий напряжением 35, 110 и даже 220 кВ. В сельском хозяйстве работало до 18 тыс. трансформаторных подстанций с высшим напряжением 35 кВ и выше и более 750 тыс. трансформаторных пунктов. В 1982 г. сельское хозяйство страны потребило 117 млрд. кВт·ч электроэнергии, т.е. в 230 раз больше, чем в 1940 г. Из них почти 100% – от государственных энергосистем. Все сельскохозяйственные предприятия и почти все жилые дома в сельской местности имели электрический ввод. В колхозах и совхозах тогда еще было 55 тыс. мелких электростанций. Это были в основном резервные электростанции, крайне необходимые в связи с возросшими требованиями к надежности электроснабжения сельского хозяйства, в особенности животноводческих ферм и комплексов, птицефабрик и других объектов.

В октябре 1987 г. Бюро Совета Министров СССР по топливно-энергетическому комплексу создало Временную научно-техническую комиссию для разработки «Программы по коренному улучшению электрификации и газификации села на период до 2005 года». Председатель комиссии И.А. Будзко, академик ВАСХНИЛ, доктор технических наук, заместитель председателя Д.Т. Комаров (Минэнерго СССР), ученый секретарь Н.Ф. Молоснов (ВИЭСХ). В состав комиссии входили известные ученые, специалисты, руководящие работники, представители Бюро Совмина СССР по ТЭК,

Госплана СССР, Минэнерго СССР, Госагропрома СССР и РСФСР, Мингазпрома и Минэлектротехпрома СССР, ВАСХНИЛ, Минжилкомхоза РСФСР, ВИЭСХ и других научно-исследовательских и проектных институтов, высших учебных заведений. В работе также принимали участие эксперты.

Разработка программы была завершена в июле 1988 г. Она использовалась государственными органами управления для планирования развития электрификации и газификации сельского хозяйства страны. Отчетный доклад составил 128 страниц машинописного текста. В нем был дан анализ электрификации и газификации села на 1 января 1988 г. и ожидаемого на 1990 г. состояния электрификации и газификации сельского хозяйства, обоснованы основные задачи и направления развития этой отрасли сельскохозяйственного производства до 2005 г., потребность в электроэнергии и газе, использование возобновляемых и вторичных энергоресурсов. На основании данных о намечаемых уровнях потребления электроэнергии и газа были определены объемы строительства и реконструкции электрических и газовых сетей, потребные капиталовложения и основные материально-технические ресурсы для развития электроснабжения и газоснабжения аграрного сектора в 1991–2005 гг.

В программе определены также основные требования к промышленности по новому оборудованию, материалам для электроснабжения и использования электроэнергии в сельскохозяйственном производстве, быту и личных приусадебных хозяйствах сельского населения, требования к оборудованию для использования газа в сельском хозяйстве.

В этот период наиболее тесное сотрудничество ВИЭСХ и других НИИ по вопросам эффективности энергетического обеспечения осуществлялось с такими научно-исследовательскими и проектными энергетическими организациями страны, как Сельэнергопроект и его Украинское отделение, ЭНИН им. Г.М. Кржижановского, ВНИИКТЭП Госплана СССР, АКХ им. Памфилова, Совет по изучению производительных сил (СОПС) СССР, Физико-энергетический институт АН Латвийской ССР, Институт физико-технических проблем энергетики АН Литовской ССР, ИТЭФ АН Эстонии.

В 1990 г. комиссия подкомитета по энергетике Комитета по промышленности и энергетике Верховного Совета РСФСР, возглавляемая директором ВИЭСХ Д.С. Стребковым и председателем подкомитета по энергетике Г.С. Калистратовым, разработала «Концепцию развития электрификации и газификации российского села на 1991–1995 гг.».

Концепция содержала основные направления социального переустройства села и развития сельскохозяйственного производства в РСФСР на базе широкого использования электроэнергии и природного газа. Она являлась составной частью республиканской программы возрождения села и решения продовольственной проблемы.

В 1994 г. впервые была подготовлена «Концепция энергетического обеспечения сельскохозяйственного производства в условиях многоукладной экономики» на базе новых технологий производства. Это – труд ученых и специалистов Минсельхозпрода России, Россельхозакадемии, ВИЭСХ, ВИМ, АО «РОСЭП» (Сельэнергопроект), Энергетического института им. Г.М. Кржижановского. Концепция одобрена президиумом Россельхозакадемии 27 июня 1994 г. Основные ее положения применительно к АПК включены в Энергетическую стратегию России.

С началом экономических реформ положение с электрификацией сельского хозяйства в стране стало резко ухудшаться. Уже в 1991–1993 гг. государственные капитальные вложения в строительство сельских электрических сетей выделялись в объеме не более 20% от потребности. Задания по вводу сельских электрических сетей, определенные постановлением Совета Министров РСФСР от 4 января 1991 г. «О развитии электрификации села в 1991–1995 годах», не были выполнены. Так, за 1991–1993 гг. введено в эксплуатацию только 69,07 тыс. км сетей, что составило 14,4% к плану. В период 1994–1998 гг. ввод электрических сетей сельскохозяйственного назначения еще больше сократился, составив всего 34,68 тыс. км. В основном это – линии, построенные за собственные средства энергосистемами взамен пришедших в негодность.

Резко сократилось бюджетное финансирование научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию новых технических средств электромеханизации и автоматизации производственных процессов, быта сельского населения и современного электрооборудования. На долю сельского хозяйства России, производящего 30% валового продукта страны, в 80-е годы приходилось 8–10% потребляемой в стране электроэнергии, в то время как 30% населения страны – около 45 млн. человек – живет в сельской местности. А общий уровень удовлетворения энергетических потребностей сельского населения в 4–5 раз ниже городского.

Наибольший уровень потребления электроэнергии в сельском хозяйстве России был в 1991 г. – около 103,4 млрд. кВт·ч., в том числе: в сельхозпроизводстве – 70,5 и в быту 32,9 млрд. кВт·ч. В последние годы в сельхозпроизводстве электропотребление постоянно снижалось (табл. 3). В 1998 г. оно составило 38,4 млрд. кВт·ч. Однако за тот же период наблюдается тенденция устойчивого роста потребления электроэнергии в коммунально-бытовом секторе села – с 29 до 36 млрд. кВт·ч (рост около 5% ежегодно).

Таблица 3. Показатели электропотребления в сельском хозяйстве России (ретроспектива и прогноз), млрд. кВт·ч

Потребитель	Годы									
	1970	1975	1980	1990	1991	1995	2000	2005	2010	2015
									Прогноз	
Всего	22,0	38,0	56,0	96,4	103,4	88,5	68,0	55,41	72,0	85,0
Производство	14,5	26,0	42,0	67,3	70,5	53,0	30,0	16,91	27,0	37,0
Быт	7,5	12,0	14,0	29,1	32,9	35,5	38,0	38,5	45,0	48,0

Современное состояние электрических распределительных сетей в сельской местности характеризуется постоянным снижением технико-экономических показателей и их старением. К началу 1999 г. более 30% воздушных линий – 630 тыс. км и трансформаторных подстанций – 140 тыс. единиц – отработали нормативный срок. Надежность электроснабжения также снизилась, и сейчас длительность отключений составляет более 100 часов в год в расчете на одно хозяйство, что на порядок выше, чем в развитых странах.

В настоящее время проблемы электрификации села стоят так же остро, как это было и в начале истории ее развития. По состоянию на 1 января 1999 г. для электро-

снабжения сельских территорий России используется 2,3 млн. км воздушных и кабельных линий, в том числе напряжением 0,38 кВ – 880 тыс. км, 6–10 кВ – 1152 тыс. км, 35 кВ – 160 тыс. км и 110 кВ – 110 тыс. км. В сетях установлено 513 тысяч трансформаторных подстанций напряжением 6–0,4 кВ общей мощностью около 90 млн. кВ·А.

При современном экономическом положении сельских товаропроизводителей, состоянии сельской инфраструктуры, социальном положении сельских жителей решить проблемы электрификации аграрного сектора за счет средств самих хозяйств и местных бюджетов невозможно. В сложившейся ситуации важнейшей общегосударственной политической и экономической задачей является принятие комплекса неотложных мер на уровне федеральной целевой программы развития электрификации сельских районов. Такая программа на 1996–2000 гг. была разработана еще в 1995 г. и представлена Минсельхозпродом России в Минэкономики России для рассмотрения и утверждения. Однако она не была передана в Государственную думу.

Конкретизируя основные направления программы, АОТ «РОСЭП» (Сельэнергопроект) разработал концепцию развития электрических распределительных сетей сельских территорий на период до 2010 года. В феврале 2000 г. концепция рассмотрена Ученым советом ВИЭСХ и передана в Минсельхозпрод России и РАО «ЕЭС России». Она одобрена РАО «ЕЭС России». Концепция предусматривает большой объем восстановления электросетей, отработавших свой ресурс, переустройства действующих сетей, строительства новых на современной технической основе с целью увеличения электрических нагрузок потребителей энергии.

В разработанной концепции развития и реконструкции сельских электрических сетей заложены возможности использования системы напряжений 110/35/0,4 кВ, требования использования в сетях самонесущих изолированных проводов при выполнении магистральных линий одного сечения (не менее 70 мм²), выполнение линий 0,4–10 кВ на деревянных опорах с новой пропиткой и сроком службы до 50 лет, использование столбовых подстанций 10/0,4 кВ, трехфазных вводов в сельские дома и др. Это, безусловно, снизит аварийность, повысит надежность и безопасность электроснабжения. Кроме того, перспективны работы по совершенствованию систем и технических средств резервного электроснабжения, двустороннего питания, новых конструкций стационарных и передвижных установок, систем их автоматического подключения для резервного электропитания объектов, совершенствования систем и средств защиты, многотарифного учета электроэнергии, систем передачи электроэнергии по однопроводной линии.

Приоритетные направления эффективного развития электрических распределительных сетей на период до 2010 года основаны на применении сетей нового поколения, изменении в структуре и уровнях электропотребления на селе в условиях рыночных экономических взаимоотношений.

Развитие и совершенствование энергетической базы сельского хозяйства в первую очередь предусматривает повышение эффективности использования и экономии энерго-ресурсов, т.е. возмещения значительной доли возрастающих в перспективе потребностей в энергии за счет энергосбережения, широкого вовлечения в энергобаланс села местных и возобновляемых энергоресурсов при обеспечении надежного и устойчивого энерго-снабжения сельских товаропроизводителей и социально-бытовой сферы.

В целях реализации мероприятий по развитию электрических сетей в сельской местности Гипронисельхозом и ВИЭСХом в 2003 г. разработана и Минсельхозом России утверждена и доведена до органов управления АПК субъектов Российской Федерации «Методика определения потребности в средствах электроснабжения для социального развития села».

В последние годы при опережающем росте цен на энергоресурсы по отношению к сельхозпродукции, что значительно увеличило долю энергозатрат в ее себестоимости, резко обострился вопрос экономии энергии и снижения энергоемкости сельхозпроизводства.

В рамках проблемы развития энергетики села обозначены следующие направления перспективных фундаментальных исследований:

- **Разработка системы энергосберегающей оптимизации отраслей сельхозпроизводства и рациональной структуры энергетического баланса регионов АПК, разработка методов энергетической оценки технологий и нормативных показателей энергоемкости основных видов сельскохозяйственной продукции.**

Значимость энергетической оценки технологий производства сельскохозяйственной продукции, особенно в условиях нестабильной экономики и цен, возрастает. Оценка полных затрат энергии на производство продукции наиболее объективно отражает общественные затраты, вложенные в производство данной продукции. Поэтому разработка единой методологии энергетической оценки, энергетических эквивалентов позволит обосновывать наиболее эффективные направления, технологии и технику в сельхозпроизводстве.

Создание системы энергосберегающей оптимизации отраслей сельскохозяйственного производства и рационализация структуры энергобаланса по регионам России позволяет более полно использовать природный агроклиматический, почвенный и энергетический потенциал регионов, более обоснованно применять агротехнологии. Результаты этих исследований окажут важное влияние на решение задач рационального природопользования в целом и охрану окружающей среды.

В ближайшей перспективе должна быть разработана методология энергетической оценки технологий с учетом биоконверсии солнечной энергии, биоклиматического потенциала, обоснованы перспективные направления по разработке энергоэкономных технологий производства сельхозпродукции, оценены природные механизмы энергоэкономности систем и обосновано их использование в решении энергетических и аграрно-экологических задач.

- **Разработка эффективных систем надежного, безопасного и экономичного энергообеспечения сельхозпотребителей, структуры энергоносителей с широким использованием местных энергоресурсов, отходов сельхозпроизводства и средств малой энергетики.**

Важными направлениями повышения надежности энергоснабжения и снижения зависимости от монополии централизованного снабжения являются: оптимизация развития новых и реконструкция действующих сетей при их адаптации к изменяющимся условиям и нагрузкам, обоснование рациональной структуры энергоносителей при широком использовании местных видов топлива, отходов производства и биомассы, преобразуемой в жидкое и газообразное топливо, возобновляемых источников, средств малой энергетики, разработка новых способов передачи электрической энергии для снижения потерь.

В связи с резким падением надежности и устойчивости энергообеспечения села (массовые отключения, вынужденные перерывы, сложности завоза топлива, износ сетей и оборудования, рост цен на энергию) актуальность этой проблемы значительно возросла, предопределяя необходимость разработки и использования децентрализованных систем и средств малой энергетики.

Это – в первую очередь получение и использование альтернативных видов топлива на базе новых технологии переработки биомассы, растительных и древесных отходов посредством быстрого пиролиза в жидкое и газообразное топливо, топлива из растительных масел, сжиженного и сжатого газа, электрические сети с глубоким вводом, самонесущими проводами и единым их сечением в магистрали, новые способы передачи электроэнергии (резонансная однопроводная система).

- Разработка малоэнергоемких электрифицированных процессов, электротехнологий на базе новых электрофизических методов воздействия на растения, животных, продукцию и воздушную среду, обеспечивающих снижение энергоемкости производства, переработки и хранения сельхозпродукции, затрат труда, улучшение экологии производства.

Новые электротехнологии и процессы на основе электрофизических методов воздействия при производстве, переработке, хранении сельхозпродукции во многом сокращают энергозатраты, уменьшают трудоемкость, обеспечивают экологичность и снижают потребление материально-технических ресурсов, заменяя традиционные операции в сельскохозяйственных технологиях с большим энергетическим и экономическим эффектом.

- Разработка электрифицированных и автоматизированных систем и процессов в животноводстве и растениеводстве с элементами роботизации и АСУТП, максимально реализующих генетический потенциал животных, птицы, энергию корма с первичной переработкой продукции на местах.

Это направление включает разработку автоматизированных технологий и процессов на базе блочно-модульного принципа их построения с использованием АСУТП, интегрированных систем тепло-холодоснабжения ферм, птицефабрик (взамен котельных) при максимальной децентрализации, новых систем освещения.

В растениеводстве – это электрифицированные системы в орошении, в послеуборочной обработке урожая, в закрытом грунте, пастбищном животноводстве, в личном приусадебном хозяйстве; электрифицированные мобильные средства (электротрактор).

- Разработка научных основ создания и эффективного использования возобновляемых источников энергии и новых альтернативных видов топлива в сельскохозяйственном производстве и быту сельского населения.

Создание систем автономного и резервного энергоснабжения имеет большую перспективу для сельских районов без централизованного энергоснабжения, где проживает более 10 млн. населения.

Наметившийся в последнее время прогресс в области разработки новых технологий и техники возобновляемых источников энергии в плане снижения их стоимостных показателей является обнадеживающей основой создания систем, конкурирующих с традиционными системами энергообеспечения.

Реализация разработок по вышеприведенным направлениям обеспечит: сбалансированность сельских регионов по эффективному использованию энергоресурсов,

включая местные их виды и отходы сельхозпроизводства, экономию традиционных видов топлива (нефти, угля, газа), снижение энергоемкости производства, переработки и хранения сельхозпродукции (к 2012 г. – на 15–20%).

Своевременное и успешное решение задач электроснабжения и электрификации сельского хозяйства является одним из важнейших условий восстановления и развития аграрного сектора экономики страны и обеспечения ее продовольственной и энергетической безопасности.

Литература

1. План электрификации РСФСР. Доклад VIII съезду Советов Государственной комиссии по электрификации России. - 2-е изд. - М.: Госполитиздат, 1955. – 660 с.
2. *Есин В.З.* Сельскохозяйственная электрификация. М.: Сельхозгиз, 1930.
3. Журнал «Электрификация сельского хозяйства» за 1931–1937 гг.
4. *Мэттьюс Р.Б.* Электрификация сельского хозяйства. / Перевод с англ. с добавлением проф. М.Г. Евреинова. М.-Л.: Гос. науч.-техн. изд-во, 1931. – 255 с.
5. *Скобельцын Ю.В.* Электрификация сельского хозяйства (Основы применений электрической энергии в сельском хозяйстве). Л.: Изд-во КУБУЧ, 1933. – 230 с.
6. *Скобельцын Ю.В.* Основы электрификации сельского хозяйства. М.-Л.: ОГИЗ, Ленсельхозгиз, 1935. – 240 с. [Учебник для растениеводческих и животноводческих ВУЗов].
7. *Захарин А.Г.* Вопросы строительства сельскохозяйственных электросетей // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. 1937. № 9. С. 15.
8. *Златковский А.П.* Электрооборудование сельских электрических установок. М.: Сельхозгиз, 1953.
9. Научные труды по электрификации сельского хозяйства. Производство и распределение электрической энергии в сельском хозяйстве. Том I. М.: Сельхозгиз, ВИЭСХ, 1954. – 223 с.
10. Научные труды по электрификации сельского хозяйства. Том II. Применение электрической энергии в сельском хозяйстве. М.: Сельхозгиз, ВИЭСХ, 1956. – 255 с.
11. *Будзко И.А., Захарин А.Г., Эбин Л.Е.* Опыт сельской электрификации Свердловской области // Электричество. 1947. № 12. С. 43–49.
12. *Скобельцын Ю.В.* Из истории электрификации сельского хозяйства СССР. Саратов: Изд-во Саратовского университета, 1985. – 33 с.
13. *Зяблов В.А.* К истории развития механизации животноводства // Электрификация сельского хозяйства. Научные труды ВИЭСХ. Т. IX. М.: Сельхозгиз, ВИЭСХ, 1961. – С. 5-15.
14. *Владимирский Н.Н.* Костромская область. Историко-экономический очерк. Кострома: Костромское книжное изд-во, 1959. – 356 с.
15. *Будзко И.А.* Организация научных исследований по электрификации сельского хозяйства // Научные труды по электрификации сельского хозяйства. Т. XX. М.: ВИЭСХ, 1967. С. 29–36.
16. *Краснов В.С.* Комплексная электромеханизация ферм крупного рогатого скота // Там же. – С. 56-76.
17. *Будзко И.А., Захарин А.Г., Эбин Л.Е., Левин М.С.* Теоретические основы электроснабжения в сельском хозяйстве. М.: Колос, 1964. – 344 с.
18. *Листов П.Н.* Применение электроэнергии в сельском хозяйстве // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. 1967. № 7. С. 2-6.
19. *Каменева В.А.* Русский электротехник. Биографический очерк о Н.А. Артемьеве. М.: Колос, 1972. – 80 с.
20. Электротехническая промышленность – сельскому хозяйству. Электрооборудование, выпускаемое электротехнической промышленностью и рекомендуемое для применения в сельском хозяйстве в 1978 – 1980 гг. Каталог. М.: Информэлектро, 1978. – 60 с.
21. Электроэнергетическое оборудование и автоматизация сельских электроустановок. М.: Госэнергоиздат, 1955. – 192 с.
22. Электроснабжение сельского хозяйства от районных энергетических систем. М.: Изд-во Академии наук СССР, 1957. – 102 с.

23. Электроснабжение сельского хозяйства: Справочник / Под ред. И.А. Будзко. – М.: Колос, 1977. – 352 с.
24. *Пирхавка П.Я.* Электрификация сельского хозяйства // В кн.: Энергетика народного хозяйства в плане ГОЭЛРО. М.: Экономика, 1965. С. 94–152.
25. Справочник по электрификации сельского хозяйства. Сост.: Н.А. Сазонов, И.М. Шидарев. – М.: Сельхозгиз, 1949. – 599 с.
26. Справочник по проектированию сельской электрификации / Под ред. М.Я. Алышева. – М.: ВНИПИсельэлектро, 1966. – 132 с.
27. Справочник по производству и распределению электрической энергии в сельском хозяйстве / Под общей ред. И.А. Будзко. – М.: Сельхозгиз, 1969. – 900 с.
28. Развитие электроэнергетического хозяйства СССР: Хронологический указатель. М.: Энергоатомиздат, 1987. – 145 с.
29. Статистический справочник по электрификации сельского хозяйства (1962–1979 гг.). / Сост. Д.Т. Комаров. – М.: Информэнерго, 1981. – 276 с.
30. Дополнение к статистическому справочнику по электрификации сельского хозяйства (1980–1981 гг.). / Сост. Д.Т. Комаров. – М.: Информэнерго, 1983. – 94 с.
31. Концепция энергетического обеспечения сельскохозяйственного производства в условиях многоукладной экономики. М.: Россельхозакадемия, 1995. – 40 с.
32. *Молоснов Н.Ф.* ВИЭСХу 50 лет // Научн.-техн. бюллетень по электрификации сельского хозяйства. Вып. 1(40). М.: ВИЭСХ, 1980. С. 3-6.
33. Состояние и перспективы развития электрификации сельского хозяйства: Обзорная информация / А.М. Карпенко, Д.Т. Комаров. – М.: Информэнерго, 1989. – 52 с.
34. *Губанов М.В., Лецинская Т.Б.* Состояние сельской электрификации и ее перспективы // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2000. №3. С. 2–4.
35. Состояние и меры по развитию агропромышленного производства Российской Федерации. Ежегодный доклад (предварительный) 2001 год. – М.: Минсельхоз России, 2002. С. 197 – 201.
36. Стратегия машинно-технологического обеспечения производства сельскохозяйственной продукции России на период до 2010 года. Одобрена научной сессией Россельхозакадемии 13-14 октября 2003 г. Утверждена Минпромнауки России, Минсельхозом России и Россельхозакадемией. М.: Россельхозакадемия, 2003. – 50 с.
37. *Стребков Д.С., Молоснов Н.Ф.* Роль ВИЭСХ в становлении и развитии электрификации сельского хозяйства (К 70-летию института) // Энергетика и электромеханизация сельского хозяйства. Научн. труды. Т. 87. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2000. С. 3–33.
38. *Молоснов Н.Ф.* Становление и развитие сельской электроэнергетики России // Электрификация сельского хозяйства. Научн. труды. Т. 88. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2002. С. 23-48.
39. 80 лет развития энергетики. От плана ГОЭЛРО к реструктуризации РАО "ЕЭС России" / Под общей ред. А.Б. Чубайса. – М.: АО "Информэнерго", 2000. – 528 с.
40. *Стребков Д.С.* Стратегия энергетического обеспечения сельского хозяйства // Техника в сельском хозяйстве, 2004, № 1. С. 6-8.
41. *Безруких П.П., Стребков Д.С.* Возобновляемая энергетика: стратегия, ресурсы, технология / Под ред. Д.С. Стребкова. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2005. – 263 с.
42. *Стребков Д.С., Молоснов Н.Ф.* Роль ВИЭСХ в становлении и развитии энергетики и электрификации сельского хозяйства // Вестник ГНУ ВИЭСХ. Научный журнал. Вып. 1/2005. Серия «Энергообеспечение, электромеханизация и автоматизация сельского хозяйства». К 75-летию ВИЭСХ. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2005. С. 7-20.
43. *Стребков Д.С., Некрасов А.И.* Резонансные методы передачи электрической энергии / Под ред. Д.С. Стребкова. - Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2006. – 304 с.
44. *Тихомиров А.В.* Состояние и перспективы развития энергетической базы села // Вестник МГАУ им. В.П. Горячкина. Агроинженерия. 2006. № 1.
45. Становление и развитие агроинженерной науки и образования в России (XIX-XX в.в.) / С.А. Иофинов, В.Г. Еникеев, В.Ф. Скробач, В.С. Шкрабак. СПб: СПГАУ, Химиздат, 1999. – 352 с.

СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО МЕХАНИЗАЦИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ ЖИВОТНОВОДСТВА В РОССИИ

Член-корр. Россельхозакадемии Ю.А. Цой
(ГНУ ВИЭСХ)

В старой дореволюционной России никакой механизации в животноводстве не было. Только в некоторых помещичьих хозяйствах применялись автопоилки, ручные сепараторы, ручные соломорезки и конные кукурузорешки («Фильда»). Изготавливали их небольшие мастерские в г. Москве, Перми, завод в г. Софиевке (Запорожская область) [1, 2].

Номенклатуру продукции этого завода составляли: соломорезки малой производительности барабанного типа – ручная под маркой Ч и конно-приводная под маркой С; конно-приводная кукурузная молотилка-кукурузорешка; огневой простейший кормозапарник с образованием пара внутри запарного чана и ручная однодисковая корнерезка под маркой К. Эти машины отвечали требованиям южной зоны страны, где основным грубым кормом являлась солома, зерновым – кукуруза и большое место занимали посевы сахарной свеклы, часть которой использовали на корм скоту.

Из машин для животноводства в дореволюционной России наиболее широкое распространение имели молочные сепараторы небольшой производительности. Поставлялись они различными иностранными фирмами, в основном шведской фирмой Альфа-Лаваль, доставлявшей из Швеции детали, из которых сепараторы собирали на специальном заводе в Москве.

В 1923 г. на базе машиностроительного завода в г. Перми был организован завод «Уралсепаратор», в дальнейшем им. Дзержинского, где начали выпускать сепараторы «Звезда» на 60 и 100 л в час. С 1930 г. для снабжения низовой сети молочной промышленности, совхозов и колхозов завод начал изготавливать сепараторы «Звезда-5» на 300 л в час и «Звезда-8» на 600 л в час.

Поскольку ведущим по машинам для животноводства в то время оставался завод им. Шевченко (г. Софиевка), то на нем же позднее начали изготавливать и машины для механического привода: вальцовую зернодробилку-плющилку под маркой ЗД, пригодную также для конного привода, и силосорезку-дробилку «Универсал» типа Т, рассчитанную на привод от трактора. Кроме того, машины для животноводства изготавливал еще завод «Красный металлист» в г. Витебске. Им были выпущены по иностранным образцам небольшие партии четырехвальцово-жмыходробилки и двухдисковой корнерезки. Обе эти машины, рассчитанные на механический привод, не нашли широкого применения на колхозных и совхозных фермах вследствие большой металлоемкости и были сняты с производства. Петуховский завод выпускал дисковую соломорезку с ручным приводом по типу немецкой фирмы «Бадения».

В связи с началом закупки машин за границей через Сельхозимпорт и необходимостью при этом оценки качества их работы на организованную академиком В.П. Горячкиным при Тимирязевской сельскохозяйственной академии машиноиспытательную станцию в числе других машин во второй половине двадцатых годов стали поступать и кормоприготовительные, главным образом из Германии. Испытанием

этих машин академик В.П. Горячкин положил начало научным исследованиям по машинам для животноводства. Период этот совпадает с началом коллективизации сельского хозяйства в СССР.

Первой научной работой в области исследования рабочих органов кормоприготовительных машин было проведенное академиком В. П. Горячкиным изучение режущего аппарата соломорезок. При этом сравнению было подвергнуто большое количество имевшихся в то время соломорезок различных зарубежных фирм, а также машин, изготовлявшихся по иностранным образцам на отечественных заводах* [2].

Решающее значение для развития механизации животноводства сыграл ленинский план электрификации России – план ГОЭРЛО. Если потребление электроэнергии сельским хозяйством в нашей стране составляло в 1913 г. 1,2 млн. кВт·ч, то в 1928 г. оно достигло уже 35 млн. кВт·ч, а к началу Великой Отечественной войны – 538 млн. кВт·ч и из них 60,5 млн. кВт·ч (13,5%) расходовалось в животноводстве и птицеводстве.

Два основных фактора определяли возможности электромеханизации ферм: развитие электрификации и создание крупных социалистических хозяйств – совхозов и колхозов. Поэтому до 1929–1931 гг. – годов коллективизации и строительства крупных совхозов, несмотря на рост электрификации всей страны (план ГОЭЛРО в это время фактически уже был выполнен, а в 1932 г. производство электроэнергии в стране достигло 13,54 млрд. кВт·ч против 7–8 млрд. кВт·ч по плану ГОЭЛРО) у нас были только единичные электрифицированные фермы.

В нашей стране к 1940 г. были созданы достаточно электромеханизированные молочные фермы (совхозы «Лесные поляны» и «Коммунарка», колхозы им. Тельмана, «Пламя», «Переворот» и др. – Московской области, «Алку» Ленинградской области, им. Кирова, им. Осипенко, «III Интернационал» и др. – Запорожской области и т. д.) с достаточно высокой (для того времени) производительностью труда; в совхозе «Лесные Поляны» на производство 1 ц молока затрачивалось 6 чел.-ч, а механизация состояла из машинной дойки, автоводокачки, автопоилок, подвесной дороги и небольшого кормоцеха.

В становлении и развитии комплексной электромеханизации животноводства существенную роль сыграло создание в 1930 г. Всесоюзного научно-исследовательского института электрификации сельского хозяйства (ВИЭСХ). Это было связано, прежде всего, с тем, что механизация ферм могла развиваться только на базе электрификации. В этой связи ВИЭСХ и его Запорожский филиал на острове Хортица практически возглавили все научно-исследовательские и опытные работы по механизации животноводства.

В эти годы АО «Электростройпроект» (под руководством одного из основателей института В.С. Краснова) был создан первый в стране опытный электрифицированный совхоз им. Фрунзе около г. Иваново-Вознесенска.

В этом совхозе были переведены на электродойку 3300 коров (с помощью импортных машин «Альфа-Лаваль»), для уборки навоза применялись подвесные дороги и электрокары, для раздачи кормов – подвесные дороги, были построены также электрифицированный кормоцех и электрифицированная молочная, молоко и телята облучались ультрафиолетовыми лучами, был организован электроветеринарный каби-

* Горячкин В.П. Уривок з теорії різання. Про ножиці // Журн. «Сільсько-господарська машина». 1930. № 1-2.

нет. Для освоения земель под прифермерский севооборот было применено электрокорчевание пней; семена кормовых культур подвергались ультрафиолетовому облучению. Широко применялась электродная электрозапарка кормов: соломы, осоки, а при недостатке кормов – и древесных веток.

Создание крупных ферм, рост электрификации сельской хозяйства потребовали и расширения производства машин и установок для животноводства.

На заводе им. Шевченко (г. Софиевка) начали изготавливать машины конструкции ВИЭСХ-ВИМЭ: жмыходробилки, корнеклубнемои, корнерезки (конструкции А.П. Макарова), комбинированные соломосилосорезки-шредеры СШ (конструкции М.Ф. Сушкова), молотковые дробилки МД-300 - ВИМЭ (конструкции А.П. Макарова и Л.С. Анурова), кормозапарный агрегат ВИМЭ-ЗК-0,2 (конструкции В.И. Смирнова), а также двухвальцовые зернодробилки-плющилки ЗД и универсальные дробилки кормов и соломосилосорезки «Близард» (или «Универсал Т»).

На заводе «Гомельсельмаш» изготавливали аналогичную универсальную дробилку-соломосилосорезку «Универсалка», переделанную из американской силосорезки «Папек» по предложению П.А. Тertyшников, а также дисковую соломорезку марки IY и кормозапарный агрегат ЗК-0,5 (конструкции В.Н. Мазурко – Белорусская научно-исследовательская станция механизации и электрификации сельского хозяйства).

Витебский завод «Красный металлист» изготавливал двухдисковую корнерезку КП и четырехвальцовую жмыходробилку ПЖ. Ростовский завод Наркомсовхозов начал изготавливать по чертежам ВИЭСХ машинки для стрижки животных. Винницкий мотороремонтный завод наладил изготовление по чертежам ВИМЭ подвесных дорог. На ряде других предприятий изготавливались по чертежам ВИЭСХ и ВИМЭ автоматические привязи для коров и парные автопоилки (конструкции В.И. Калмыкова и А.А. Швецова).

В тридцатых годах развернулись работы по электрификации и автоматизации водоснабжения по схемам, разработанным ВИЭСХ и ВИМЭ.

В институтах было сделано следующее: разработан гидротаран и изучена его работа; определены создаваемые им напор и производительность в зависимости от расположения тарана относительно уровня питающего источника; построен и исследован шнуровой водоподъемник, а также выяснен оптимальный режим его работы (А.И. Лаврентьев); сконструирован и построен экспериментальный образец закрытого одноконного привода для водоснабжения, рассчитанного на работу с поршневым насосом (В.А. Зяблов); подготовлена к производству безбашенная автоматическая электроводокачка (А.И. Лаврентьев и Л.Я. Кашеков), представляющая электронасосную установку, электродвигатель которой включается при падении давления в сети и выключается, когда давление достигает заданного предела.

В ВИЭСХе в 30-х годах были развернуты лабораторные и опытно-хозяйственные научно-исследовательские работы по всем основным вопросам электромеханизации животноводческих ферм. В большом масштабе с участием физиологов ТСХА, зоотехников ВИЖа, ветеринаров из Московского ветеринарного института было проведено изучение процесса доения коров и всех имеющихся доильных машин.

Для изучения этого вопроса было закуплено за границей около десятка доильных аппаратов различных фирм для их испытания и выбора наиболее пригодного для

внедрения в нашей стране. Испытания были проведены в совхозе «Дубовицы» под руководством академика М.Г. Евреинова.

Группа физиологов (Мартюгин, Миронов, Миронова, Оше и др.) под руководством академика Леонтовича провели соответствующие исследования и пришли к заключению, что зарубежные доильные машины непригодны для применения в нашей стране и что необходимо создать отечественную доильную машину в соответствии с физиологическими требованиями, которые они выявили.

Группа инженеров (С.И. Белавенец, В.Ф. Королев, А.П. Макаров, Грищенко и др.) под общим руководством инж. Н.М. Ароновича провела эту работу, в результате которой была создана отечественная трехтактная доильная машина ДА-3.

В 1933 г. под руководством инженера Н.М. Ароновича (ВИЭСХ) было проведено сравнительное испытание зарубежных и отечественных доильных машин по методике, разработанной совместно рядом научно-исследовательских институтов (Всесоюзный научно-исследовательский институт животноводства (ВИЖ), Московский ветеринарный институт, Всесоюзный научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства (ВИЭСХ), Всесоюзный научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии (ВИЭВ). В результате трехтактная доильная машина признана наилучшей по всем показателям: физиологическим, клиническим и эксплуатационным. Скорость доения ее была выше, чем у ряда применявшихся тогда зарубежных машин («Рот», «Эмпаер», «Вестфалия», модернизированный «Темп» – 2-й вариант).

Через год было проведено другое сравнительное испытание доильных машин: трехтактной и «Альфа-Лаваль». Трехтактная доильная машина в то время была уже лучше конструктивно оформлена, чем в предыдущий год. В этом испытании преимущества оказались на стороне трехтактной доильной машины, и она была рекомендована к промышленному производству.

До начала Великой Отечественной войны на Сумском заводе было выпущено около 1000 доильных установок на 100 коров каждая. В Запорожском филиале ВИЭСХ для успешного внедрения доильных установок была организована подготовка кадров под руководством инж. М.Е. Бейлиса.

Запорожский филиал ВИЭСХа провел большие исследования по применению на животноводческих фермах электрокалориферов.

В 1932 г. Н.М. Ароновичем была опубликована фундаментальная работа «Конвейер на молочной ферме» [3]. В ней впервые в мировой практике были обобщены и систематизированы материалы по конвейерным технологиям, в том числе и результаты экспериментов по конвейерной технологии содержания коров, приведенных инж. Ю.Ф. Ременцем в Запорожском филиале ВИЭСХа.

В 70-х годах конвейерная технология в сочетании с доильной установкой были разработаны, запатентованы и впервые реализованы на практике Л.П. Кормановским и Н.Ф. Шумиловым.

После объединения в 1937 г. ВИЭСХа с ВИМом работы по электромеханизации животноводства продолжались в объединенном институте ВИМЭ.

В эти годы были выполнены основополагающие работы по теории кормоприготовительных машин, расчету доильных машин, теории резания шерсти при стрижке овец, теории работы гидравлического тарана, технико-экономического обоснования

транспортных средств и по энергетике животноводческих ферм (электрификация, ветродвигатели, тепловые и газогенераторные установки).

А.И. Лаврентьев и В.И. Смирнов провели исследования работы электронасосных установок, гидравлических таранов и автоматических водокачек.

Г.Д. Евстифеев и П.Н. Митрянин исследовали работу подвесных дорог с электровозной и канатной тягой. А.А. Цекулина и В.И. Смирнов на основе подробного изучения электротепловых установок разработали методику расчета электрических парообразователей и водонагревателей электродного типа с электронагревательными элементами, а также принципы построения их автоматической работы.

В.А. Фадеев, А.В. Перчихин, В.А. Зяблов заложили основы расчета конструкции машинок для электрострижки животных.

В.В. Боков, М.В. Калитаев и П.А. Савин изучали температурно-влажностные режимы (микроклимат) в коровнике, разработали основы расчета вентиляции коровников конструкции ВИМЭ.

А.Е. Новикова изучала влияние ультрафиолетового облучения на рост, производительность и здоровье животных и дала первое предложение по конструкции ультрафиолетовых установок.

Все эти работы были обобщены В.С. Красновым и др. в книге «Механизация трудоемких работ в животноводстве» (М.: Сельхозгиз, 1940).

С помощью ВИМЭ и его Запорожского филиала в разных областях РСФСР и Украины были созданы показательные для того времени электромеханизированные молочные фермы; необходимые машины и установки были поставлены на производство и можно было ожидать большого развития электромеханизации животноводства и дальнейшего углубления научно-исследовательских работ в этом направлении. Но нападение гитлеровской Германии в 1941 г. полностью приостановило эти работы, созданные фермы были разрушены и в 1945 г. пришлось начинать заново.

В 1946 г. было организовано министерство сельскохозяйственного машиностроения, имевшее в своем составе Главное управление машин для животноводства (ГУМЖ). Под руководством этого управления был начат выпуск на нескольких заводах ряда машин для механизации трудоемких процессов на животноводческих фермах. Чертежи этих машин готовились к производству как ВИСХОМом, так и самими заводами и специальными проектными институтами (ГСПИ). Общее наблюдение за переработкой чертежей осуществлял ВИСХОМ. В этот период на производство были поставлены следующие машины: реконструированные ВИСХОМом силосорезка РКС-12,0 и кормозапарник ЗК-0,5; созданные в предвоенный период в ВИМЭ соломосилосорезка РСБ-0,6, молотковые кормодробилки ДММ-0,3 и ДМК-0,1, жмыходробилка ДЖ-0,5, кормозапарочный агрегат ЗК-0,2, корнеклубнемойка МП-2,0, корнерезка РКР-1,5, гидравлический таран ТГ-1, безбашенная автоматическая электровокачка ВЭ-2,5, доильный агрегат ДА-3, автопоилка ПА-2; по образцам молочной промышленности – плоские охладители молока ХП-100 и ХП-200, молочные сепараторы «Держинец» и «Урал-6», центрифуга для определения жирности молока Ц-24; ручная соломорезка РСБ-0,1, ранее изготавливавшаяся заводом им. Шевченко.

В 1946 г. при заводе «Гомсельмаш» было организовано специальное конструкторское бюро (СКБ) по машинам для животноводства и кормопроизводства. Первой машиной, сконструированной СКБ при заводе «Гомсельмаш», была картофелемялка шнекового типа КМ-1,5, рассчитанная на ручной и механический привод (Я.М. Фаб-

рикант). Далее СКБ занялось улучшением существующих машин. Кормозапарники ЗК-0,5 и ЗК-0,2 были оборудованы насосами для подачи воды в парообразователь, а деревянные чаны заменены металлическими, соломосилосорезка РСБ-0,6 переоборудована в более производительную РСБ-1,0. СКБ совместно с ВИСХОМом разработали следующие машины: двухбарабанную корнеклубнемойку МП-2,5 и передвижной кормозапарочный агрегат ЗК-1,0 с тремя чанами на подставках, вмещающими по 300 кг картофеля, и вертикальным парообразователем с цапфами для опоры на специальную двухколесную тележку при его перевозке (А.А. Швецов и Р.С. Стукалов); навесной на трактор У-2 навозопогрузчик со сменным ковшом для сыпучих грузов (П.Л. Симаков); силосоуборочный комбайн СК-1,2, разработку которого ВИСХОМ начал с 1947 г. (В.А. Зяблов, С.Н. Павлов и Н.Е. Резник). Эти комбайны с захватом режущего аппарата 1,2 м и бункером, вмещающим 1 т измельченной зеленой массы, были выпущены заводом «Гомсельмаш» двумя пробными сериями (в 1951 г. – 50 шт. и в 1952 г. – 10 шт.), разосланы в разные области СССР, испытаны в различных условиях и послужили основой для создания более производительного силосоуборочного комбайна СК-2,6. Совместно с ВИМЭ СКБ провело следующие работы: сконструировало подвесную однорельсовую дорогу ДП-300 с облегченным рельсом специального профиля, рассчитанным на полезный груз в вагонетке в 300 кг (Г.. Евстифеев); улучшило конструкцию автоматической безбашенной электроводокачки (одноступенчатый насос заменен двухступенчатым и изменена конструкция реле давления, управляющего работой насоса); сконструировало измельчитель кормов ИК-3 для измельчения грубых и сочных кормов, жмыха, а также для плющения овса (А.В. Кузнецов). Совместно с ВИМЭ и ВИСХОМ СКБ создало соломосилосорезку РСБ-6,0 (М.В. Галдин, В.А. Зяблов и Я.М. Фабрикант). Далее СКБ разработало разгрузчик-трамбовщик для силосных башен РТС-5,0, в котором приводной механизм и водила при смене рабочих органов используются при трамбовании загружаемой в башню массы и при выгрузке ее (А. Гринблат), а также транспортер для подачи силосной массы в башню ТСМ-40 (Л.Г. Волкова), для работы которого необходима значительно меньшая мощность, чем при подаче зеленой массы в башню швырялкой.

В ВИМЭ была разработана и начато производство оригинальной безшатровой водонапорной башни (А.Р. Рожновский, В.С. Краснов, А.П. Макаров). За ее создание эти авторы были награждены премией Совета министров СССР.

Завод им. Масленникова в г.Куйбышеве совместно с ВИМЭ разработал передвижную доильную установку ПДУ-1 с охлаждающей цистерной для транспортировки молока и внес ряд улучшений в доильный агрегат.

В 1948 г. был восстановлен Всесоюзный научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства (ВИЭСХ), а в 1957 г. ВАСХНИЛ поручила этому институту возглавить научно-исследовательские работы по электрификации и механизации животноводства и увеличила в связи с этим штаты института в 2 раза.

Значительно увеличился объем научно-исследовательских работ по электромеханизации животноводства в Запорожском филиале ВИЭСХа, во Всероссийском институте механизации и электрификации сельского хозяйства (ВНИИМЭСХ), в Украинском институте животноводства Лесостепи и Полесья, в Казахском и Грузинском институтах механизации и электрификации сельского хозяйства и в других научных учреждениях и вузах сельского хозяйства.

Основное направление научно-исследовательских работ в этих учреждениях составила разработка научных основ комплексной электромеханизации животноводческих ферм (и молочных ферм в том числе) на базе создания автоматизированных поточных линии для основных производственных процессов. Эти работы предусматривают создание системы машин, входящих в такие поточные линии, разработку методов расчета автоматизированных поточных линий с определением параметров машин, их составляющих, а также разработку метода расчета комплексно электромеханизированной и автоматизированной животноводческой фермы в целом.

Работа эта строилась с учетом постепенного создания материально-технических возможностей электромеханизации животноводства, поэтапно.

В первую очередь были созданы машины для механизации основных наиболее трудоемких производственных процессов, но эти машины должны иметь такие параметры, чтобы их потом можно было включать в автоматизированные поточные линии. Конечно, на первом этапе могут оставаться в производстве машины и менее перспективные для автоматизации (например, тракторные кормораздатчики), если машины, более удобные для автоматизации (стационарные транспортного типа кормораздатчики), еще практически не созданы.

Основное внимание на втором этапе в теоретических исследованиях направляется на разработку научных основ расчета и создание в перспективе автоматизированного способа производства на животноводческих фермах; автоматизация при этом рассматривалась не как «добавка» к механизации (т.е. автоматическое управление работой какой-либо существующей машины), а как создание нового, наиболее экономичного способа механизации на базе автоматизации.

Послевоенный период характеризуется еще большим расширением работ по механизации животноводческих ферм, в особенности после утверждения в 1949 г. трехлетнего плана развития общественного колхозного и совхозного продуктивного животноводства. Стремясь к наибольшему повышению продуктивности скота, советские животноводы пошли по пути подготовки более качественных кормов. В результате все организации, работающие в области механизации животноводческих ферм, направили свои усилия на разработку кормоцехов той или иной сложности, как на базе существующих машин, так и с использованием новых установок, механизующих те процессы, которые зоотехники считали нужным развивать с целью повышения продуктивности скота. Так, Институт механизации и электрификации сельского хозяйства Белорусской академии наук в колхозе «Перемога» организовал кормоцех с применением специального оборудования для выполнения нового способа повышения питательности соломы – гидролиза. По проекту Свердловского областного управления сельского хозяйства и филиала ВИЭСХ (выделившегося после войны в отдельный институт) в Свердловской области был построен кормоцех, занимавший 328 м² при дневной производительности 11 т кормов, так как он включал требующее большой площади оборудование для обработки соломы самонагреванием.

В 1952 г. инж. В.П. Лариным в колхозе «40 лет Октября» был построен первый в СССР доильный зал с параллельно-проходными станками и отдельным станком для санитарной обработки вымени. В эти же годы по разработкам ВИЭСХа начали выпускать пастбищную доильную установку УДС-1 на Барнаульском станкостроительном заводе, которая после модернизации выпускается до настоящего времени на АО «Кургансельмаш» под маркой УДС-3А.

В 1956 г. ВИЭСХом были начаты широкомасштабные работы по разработке и внедрению в разных регионах прогрессивного беспривязного содержания скота. Переход на новые технологии инициировал создание новых машин и оборудования, прежде всего станочных доильных установок.

Большим событием в деле подготовки в области механизации животноводства был выход в свет первого учебника по механизации трудоемких процессов животноводства написанного ленинградским ученым В.Г. Соминичем. Этот учебник в течение многих лет оставался основным для ВУЗов.

В 1960 г. ВИЭСХом совместно с ВИСХОМом была разработана и поставлена на производство на Ухтомском ремонтно-техническом заводе доильная установка «Елочка» УДДЕ-16, УДДТ-10 (В.С. Краснов, В.Ф. Королев, В.П. Ларин, В.П. Похваленский, А.Н. Дормидонтов). В 60-е годы в ВИЭСХе был разработан, изготовлен и испытан первый в мире доильный аппарат с телеуправлением, где все операции доения, включая надевание доильных стаканов, осуществлялись с помощью дистанционно управляемого манипулятора.

В конце 50-х годов по предложению ученых АЧИМСХа (А.С. Веприцкий, А.И. Смирнов) на Кубани инж. И.И. Тесленко был спроектирован и изготовлен первый в СССР доильный кольцевой конвейер. Учитывая перспективность данного направления, по решению МСХ СССР и ВАСХНИЛ в СибНИИСХозе (г. Омск) были развернуты с участием И.И. Тесленко конструкторские работы по созданию и освоению впервые в России установок «Карусель» КДУЕ-16 «Омичка» (К.С. Шеповалов, Н.В. Краснощеков, Н.К. Вазенмиллер, А.В. Гольденфанг).

Выполненные исследования и накопленный опыт позволили ВИЭСХу совместно с другими научно-исследовательскими учреждениями разработать и предложить для производства первую систему машин для молочных ферм. Эта система машин включает доильные установки нескольких типов, два типа кормораздатчиков – прицепные к трактору (ПТУ-10К) и стационарные (ТВК-80) с устройством для автоматической загрузки их, скребковые и штанговые транспортеры для уборки навоза, машины для приготовления и погрузки кормов, несколько типоразмеров насосных установок для водоснабжения, станции автоматического управления ими и автопоилки. Надо отметить и то, что в своей основе номенклатура первой системы машин по существу сохранилась до настоящего времени.

Система машин в условиях планового хозяйства сыграла важную роль в становлении и развитии механизации животноводства. Большой вклад внесли бессменные руководители этого направления В.С. Краснов и Н.М. Морозов.

Большую роль сыграл в подготовке научных кадров для страны и организации новых научных подразделений ВИЭСХ. Основополагающую роль в этом имели общепризнанные научные школы В.С. Краснова, Г.И. Бремера, В.Ф. Королева, В.А. Зуева, Г.И. Новикова, Р.М. Славина, А.В. Демина, Н.Н. Елисеева, М.В. Луговского, В.М. Усаковского, М.Е. Бейлиса и других.

1960-70 годы были годами становления в регионах научных школ видных советских ученых в области механизации животноводства: профессоров Л.П. Карташова в Оренбурге, С.В. Мельникова в Ленинграде, Н.Н. Викторовой в Челябинске, А.А. Скроманиса и А.А. Цекулиной в Латвии, В.Г. Кобы в Саратове, С.Е. Маркаряна в Армении, В.С. Мкртумяна в Новосибирске, А.С. Веприцкого в Ростове, А.А. Омельченко в Киеве и многих других.

В начале 60-х в СССР ГСКБ г. Рига и ВИЭСХом была разработана и освоена в производстве первая доильная установка для доения в стойлах в молокопровод ДУ-150 «Даугава».

В 1965 г. ВИЭСХом была создана первая в СССР ферма «прямых» связей, где в составе единой поточной линии осуществлялись процессы доения, обработки и фасовки молока в тару разового пользования. Молоко из вымени животного попадало на стол потребителю в расфасованном виде через 2 часа, вместо 2–3 суток (Г.И. Бремер, М. Е. Бейлис, В.А. Радько, Н.А. Просолупов, Д.В. Вахромеев, В.Е. Кочетов, В.К. Манин и др.).

По предложениям ВИЭСХа были построены крупные молочные фермы с привязным и беспривязным содержанием на Украине и в Узбекистане (М.Е. Бейлис, В.А. Радько, Ю.А. Репнев и др.), в Краснодарском крае (В.С. Краснов, И.И. Тесленко, А.Н. Дормидонтов и др.). Во многом именно работы ВИЭСХа предопределили известное постановление правительства о переводе животноводства на промышленную основу. Не случайно Всесоюзное совещание, одобрявшее это направление, было проведено в 1970 г. в ВИЭСХе.

Переломным моментом в индустриализации животноводства СССР явилось решение, принятое директивными органами в 1972 г., «О переводе животноводства на промышленную основу» и создание в 1974 г. Министерства машиностроения для животноводства и кормопроизводства. В практической реализации этих решений решающую роль сыграло создание в В/О «Союз сельхозтехника» специализированных предприятий по монтажу и обслуживанию оборудования для животноводства. В становлении и решении этих вопросов выдающуюся роль сыграли организатор и Председатель «Союз сельхозтехники» Герой Социалистического Труда А.А. Ежевский, Л.А. Корбут, В.И. Дубовик, работники Министерства сельского хозяйства Н.А. Столбушкин, Е.Ф. Дворцов, Л.А. Стома и др.

Большое значение для повышения технического уровня ферм имело создание специализированных НИИ и КБ, в том числе: ВНИИЖивмаша (г. Киев), ВНИИКОМЖа (г. Москва), ГСКБ г. Рига, ГСКБ г. Умань, филиал ГСКБ Кишиневский, ГСКБ «Овцемаш» г. Чимкент, ГСКБ «Птицемаш» г. Пятигорск, ГЭКИ г. Вильнюс и др. Разработки, выполненные в этих организациях под руководством Б.Я. Галвана, В.А. Дриго, А.Н. Борзило, Л.И. Кроппа, Ю.В. Краснокутского, З.М. Кучинскаса, В.Д. Ткача и других, определили высокий уровень на многие десятилетия.

Благодаря совместным усилиям ученых, конструкторов и заводов в 1975–1990 годы промышленностью были освоены в производстве все виды современного для того времени оборудования для животноводства. Так для молочных ферм это молокопроводы АДМ-8А, автоматизированные доильные установки УДА-8 «Тандем», УДА-16 «Елочка», УДА-100 «Карусель». В 1985 году успешно прошла испытания автоматизированная доильная установка «Елочка» с компьютеризированным управлением стадом. Были начаты работы по созданию доильного робота. Были освоены в производстве машины для удаления и транспортировки навоза при беспривязном содержании УС-170, УС-250, УТН-10, УТН-20, НЖН-200, раздатчики-смесители кормов РСР-10, резервуары-охладители молока с непосредственным испарением РНО-1,0, РНО-2,5. На период их создания вплоть до 90-х годов они соответствовали мировому уровню.

В конце 70-х ВИЭСХом был разработан и построен в Тамбовской области первый в СССР свиарник-автомат, за который сотрудникам института В.А. Гамалицкому, А.В. Демину, А.А. Лебедю была присуждена премия Совета Министров СССР.

В 1980-е годы в ЦНИИМЭСХе (ныне БелНИИМСХ) профессором В.И. Передней был разработан оригинальный измельчитель-смеситель кормов ИСК-3, ставший самой массовой кормоприготовительной машиной. На основе ИСК-3 был разработан и освоен комплект оборудования для приготовления кормов КОРК-15.

В 1978-84 годах ВИЭСХом была разработана и внедрена комбинированная технология, обеспечившая повышение производительности труда при наиболее распространенном привязном содержании в 1,4–1,6 раза за счет использования автоматизированных доильных установок в сочетании с автоматической привязью (Ю.А. Цой, А.И. Зеленцов, В.М. Радоманский, А.И. Алпатов). На базе этой разработки промышленностью были освоены автоматические привязи ОСП-Ф-26, автоматизированные доильные установки УДА-8А, УДА-16А, автоматический манипулятор доения МД-Ф-1. Фермы с такой технологией находят применение и в настоящее время.

В этот же период ВИЭСХом совместно с заводами ПО «Мелитопольхолодмаш» и ПО «Одессахолодмаш» были разработаны и освоены в производстве водоохлаждающие холодильные установки нового поколения для охлаждения молока МВТ-14, МВТ-20, УВ-10, АВ-30 и первые в СССР теплохолодильные установки ТХУ-14, ТХУ-23.

Развал СССР и смена строя нанесли тяжелый удар по всей экономике и по животноводству в том числе. Душевое потребление молока стало на треть меньше по сравнению с медицинскими нормами. Технический уровень выпускаемого серийными заводами России оборудования для животноводства находится на уровне середины 80-х годов, т.е. отстает от современного мирового уровня на 20 лет. Объясняется это тем, что серийные заводы, как правило, функционировали отдельно от конструкторских организаций и в своем составе имели лишь технологические отделы.

Опыт оборонной промышленности, в частности авиастроения, показывает, что единственный путь сохранения и повышения конкурентоспособности – это объединение усилий КБ, серийных заводов и обслуживающих и сбытовых организаций в единый холдинг. Те же процессы происходят и в тракторо- и комбайностроении при создании «Агромашхолдинг».

Инновационный путь развития сегодня основа для всех предприятий, в т.ч. и предприятий по разработке новой техники для животноводства и ее серийному производству.

Опыт работы научно-производственного предприятия «Фемакс», созданного на базе отдела ВИЭСХа при содействии Россельхозакадемии и Миннауки РФ, подтвердил эффективность такого подхода.

В 2001-2004 годах была утверждена совместная Российско-белорусская программа по разработке производства оборудования для получения качественной молочной продукции (научные руководители проф. Ю.А. Цой и проф. В.И. Передня). В рамках этой программы учеными и специалистами ВИЭСХа и БелНИИМСХа, «Гомельагрокомплекта», НПП «Фемакс», ОАО «Кургансельмаш» и ОАО «Вологодский машзавод» было разработано и освоено в производстве новое поколение импортозамещающего доильного оборудования, резервуаров-охладителей молока, полуавтоматов для розлива и упаковки молока в полиэтиленовые пакеты. В частности были разработаны и освоены в производстве: полуавтоматические установки для розлива мо-

лока в полиэтиленовые пакеты «Фемапак-300», «Фемапак-500»; доильные установки на новой элементно-агрегатной базе, в т.ч. с молокопроводом из нержавеющей стали УДМ-100, УДМ-200; автоматизированные доильные установки типа «Елочка» модульного исполнения УДЕ-М (от 2×6 до 2×12) в четырех опциях от простейшей до модели с системой компьютеризированного управления стадом, охладители молока, поилки для КРС, стойловое оборудование на базе универсальных крепежных элементов, счетчики молока для индивидуального (ИУМ-1) и группового учета молока на доильных установках («Фематроник-С», УТБ-50). Оборудование успешно работает в 28 регионах России.

Литература

1. *Краснов В.С.* Комплексная электромеханизация ферм крупного рогатого скота // Научные труды ВИЭСХ. Т. XX. М.: ВИЭСХ, 1967. С. 56-76.
2. *Королев В.Ф.* Электромашинное доение коров // Научные труды ВИЭСХ. Т. XX. М.: ВИЭСХ, 1967. С. 77-105.
3. *Аронович Н.М.* Конвейер на молочных фермах // Электрификация сельского хозяйства. 1932. №4.
4. *Зяблов В.А.* К истории развития механизации животноводства // Научные труды ВИЭСХ. Т. IX. М.: ВИЭСХ, 1961. С. 6-14.
5. *Цой Ю.А.* Развитие комплексной электрификации молочных ферм // Энергетика и электромеханизация сельского хозяйства. Научные труды. Том 87. – М.: ВИЭСХ, 2000. – С. 169-177.
6. *Цой Ю.А., Зеленцов А.И.* К 70-летию первой советской доильной машины // Энергетика и электромеханизация сельского хозяйства. Научные труды. Том 90. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2004. – С. 35-39.

МЕТОДОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЯМИ РАСТЕНИЕВОДСТВА НА ОСНОВЕ САМООРГАНИЗАЦИИ

Член-корр. Россельхозакадемии А.А. Артюшин,
д-р техн наук И.И. Свентицкий,
канд. техн. наук В.А. Королев
(ГНУ ВИЭСХ)

Подготовка и издание учебных пособий, справочников, рекомендаций по сельскохозяйственным знаниям, которые отражали бы современные достижения не только прикладной, но и фундаментальной науки, – важная интеллектуальная помощь сельскохозяйственному производству.

Не только в Российской Федерации, но и в других странах мира программы обучения в школах и высших учебных заведениях во многих случаях отражают новизну знаний на уровне XVII–XIX веков и не освещают основные этапы развития знаний. Например, учебными программами ВУЗов предусмотрено изучение систем управления и автоматизации в растениеводстве на основе положений кибернетики и теории связи, новизна которых относится ко второй половине XIX – началу XX веков. Они не учитывают современный уровень знаний в области самоорганизации, синергетики, неравновесной термодинамики, динамики сложных нелинейных систем. В соответствии с принципами и другими положениями этих прогрессивных направлений науки многие, считавшиеся важными утверждения кибернетики и «теории информации» (в действительности – теории связи), оказываются устаревшими или неверными (ошибочными).

Еще К. Шеннон заметил совпадение аналитических выражений величин для статистического определения энтропии и для определения количества информации. Из этого, чисто формального, совпадения математических выражений величин появилось неверное утверждение о том, что «информация есть негэнтропия» – информация равна отрицательной энтропии. Это широко распространившееся в учебной и научной литературе утверждение обрело статус закона.

Однако с развитием основ самоорганизации стало ясно, что это утверждение не соответствует действительности. Несмотря на существование связи между энергией и информацией, отождествление информации с отрицательной энтропией в существующих их аналитических выражениях неверно.

Серьезная негативная особенность традиционной теории информации, сущность которой отражает лишь теорию связи, в том, что при наличии большого количества определений информации, отсутствует ее общепринятая, четкая дефиниция. Анализ существующих определений информации, исходя из основ самоорганизации, позволил принять следующее определение этого понятия [1]: *информация есть случайный и запомненный выбор одного варианта из нескольких возможных и равноправных*. Это определение принадлежит Г. Кастлеру. Из самого этого определения видно, что информация не имеет прямого отношения к термодинамической энтропии. В теории связи также необоснованно иногда используют понятие «информационная энтропия». В традиционной теории информации отсутствует понятие ценности ин-

формации, без которого невозможно обойтись в разрабатываемой в настоящее время прогрессивной теории информации, учитывающей современные достижения самоорганизации [1].

Недостаточная полноценность теории связи при использовании ее как теории информации видна из следующего высказывания одного из основателей этой теории К. Шеннона [2]: «Очень редко удается открыть несколько тайн природы одним и тем же ключом. Знание нашего несколько искусственно созданного благополучия слишком легко может рухнуть, как только в один прекрасный день окажется, что при помощи нескольких магических слов, таких, как информация, энтропия, избыточность... нельзя решить всех нерешенных проблем». Представляется, что (как будет рассмотрено далее) принцип подчинения синергетики и принцип самоорганизации - принцип энергетической экстремальности самоорганизации и прогрессивной эволюции – могут выполнить роль упомянутого в этой цитате ключа.

В системах управления высокоэффективными агротехнологиями необходимо использовать биологическую (генетическую) информацию организмов, используемых для получения продукции. К сожалению, до настоящего времени эта необходимость не реализована. Системы управления агротехнологиями должны содержать основную информацию генома, которая отображает свойства организма по формированию продукционного процесса. На основе этой информации, в идеале, должна быть создана программа, обеспечивающая получение от данного генотипа высокопродуктивного фенотипа. Эта же исходная информация и программа могут быть использованы и в селекционной работе по выведению высокопродуктивных «энерго-, ресурсоэкономных» организмов (видов, сортов, пород, гибридов, штаммов).

В традиционной теории информации использованы понятия: «ценная», «осмысленная» информация, но определение этих понятий отсутствует. Необходимо отметить, что ценность информации зависит от цели, которую преследует рецептор (получатель информации). Количественное определение ценности информации основано на представлении о цели, достижению которой способствует получение информации. Чем больше полученная информация помогает достижению поставленной цели, тем более ценной она является. Наиболее надежное определение меры ценности информации возможно на основе формулы, предложенной В.И. Корогодиным [3]:

$$V = (P-p)/(1-p), \quad (1)$$

где p – вероятность достижения цели до получения информации; P – вероятность достижения цели после получения информации. Для случая, когда цель наверняка достижима и при этом несколькими путями, количественное определение ценности (P) возможно по вычислению уменьшения материальных или иных затрат благодаря использованию информации. Если же достижение цели не обязательно, но вероятно, то используется формула (1). Вероятность достижения цели за счет полученной информации может как возрастать, так и уменьшаться. Уменьшению этой величины соответствует отрицательная ценность полученной информации (дезинформация). Ценность информации может быть также нулевой, если ее получение не изменяет вероятность достижения цели.

Наиболее важными принципами самоорганизации являются принцип подчинения синергетики и принцип энергетической экстремальности самоорганизации и про-

грессивной эволюции. В соответствии с принципом подчинения синергетики при анализе сложной системы из большого числа ее переменных параметров выбирают переменную, наиболее быстро меняющуюся и наиболее сильно влияющую на состояние системы, – переменную порядка. Затем выбирают в ней один или несколько параметров управления и, изменяя их, анализируют систему. Сложность использования этого принципа в неоднозначности выбора переменной порядка и параметров управления, а также в возможности изменения ими этой роли при развитии системы.

Принцип энергетической экстремальности самоорганизации и прогрессивной эволюции объединяет в виде зеркальной динамической во времени симметрии второе начало (закон) термодинамики и противоположный ему по сущности закон – закон выживания.

Принцип подчинения синергетики использован при разработке методики количественного взаимно согласованного определения основных величин агроэкологии [4]. В качестве исходной переменной порядка здесь принята величина эксэргии приходящего на поверхность земли солнечного излучения, в качестве параметров управления – другие экологические факторы по мере их нахождения в минимальном относительном значении. При таком определении традиционные агроагроэкологические величины выражены в одинаковых эксэргетических единицах и их аналитические выражения пригодны для разработки основных алгоритмов компьютерных программ информационных управляющих технологий по оптимизации выбора вида (сорта, гибрида) на соответствие экологическим условиям и альтернативным агротехнологиям, а также техническим средствам их осуществления. Использование рассматриваемых агроэкологических величин открывает возможность применения компьютерных наукоемких технологий в растениеводстве и позволяет существенно повысить эффективность использования основных средств производства этой отрасли: земельных угодий, генетического потенциала видов, сортов, гибридов растений и альтернативных (сортовых, зональных) агротехнологий со средствами их осуществления.

Приведем словесные определения (дефиниции) основных агроэкологических величин, имеющих однозначную взаимную согласованность и количественно выраженных в одинаковых эксэргетических единицах: *Эксэргия солнечного излучения в отношении фотосинтеза растений представляет собой ту часть общей энергии солнечного излучения, приходящего на поверхность земли, которая потенциально (при наиболее благоприятных всех других экологических условиях) может быть использована растениями на фотосинтез и формирование продуктивности.* Эксэргия солнечного излучения в отношении фотосинтеза растений является исходной величиной для корректного количественного, взаимно согласованного определения на единой методической основе в эксэргетических единицах других ключевых величин агроэкологии: агроклиматического (биоэнергетического и метеорологический потенциалов, плодородия земельного угодья).

Эксэргии агроклиматического потенциала - это та часть энергии солнечного излучения, приходящего на поверхность земли, которая при существующих других погодно-климатических условиях потенциально может быть использована растениями на фотосинтез и формирование урожая.

Эксэргия потенциального плодородия земли представляет собой ту часть энергии солнечного излучения, поступающего на поверхность земли, которую при существующих климатических условиях и свойствах почв данный вид (сорт, гибрид)

растений может потенциально использовать на фотосинтез и формирование продуктивности.

Под эксэргией мелиоративного потенциала земли, применительно определенного экологического фактора (свойства почвы, климатические факторы), в отношении данного вида (сорта, гибрида) растений, понимается количество эксэргии солнечного излучения, на которое увеличивается эксэргия потенциального плодородия земли для данной культуры, если этот фактор улучшить до уровня, при котором эксэргию потенциального плодородия будет ограничивать другой фактор, находящийся во втором относительном минимуме после мелиорируемого.

Наряду с однозначностью и количественной определенностью рассматриваемых дефиниций агроэкологических величин имеют место и другие преимущества по сравнению с традиционными их определениями. Например, как видно из словесного определения эксэргии мелиоративного потенциала, в нем содержится ограничение по уровню целесообразности мелиорации того или иного экологического фактора. Второе важное преимущество такого определения – значение эксэргии мелиоративного потенциала по данному фактору представляет собой максимальное (потенциально возможное) увеличение продуктивности (урожайности) данного вида (сорта, гибрида), выраженное в эксэргетических единицах, которое может обеспечить данный вид и уровень мелиорации для данной культуры [4,5].

Отметим еще одно важное преимущество рассматриваемого определения мелиоративного потенциала. Имея расчетные значения эксэргии мелиоративного потенциала, полученные на ЭВМ, можно с помощью графопостроителя получить график динамики распределения этой величины во время вегетации (рис. 1). По этому графику можно определить промежутки времени, в которые необходимо осуществлять мелиорацию (например, оросительную) и ее уровень (интенсивность). Это, например, видно из рис. 1, на котором представлены графики расчетных почасовых значений: агроклиматического потенциала (6), мелиоративных потенциалов по влажности почвы (7) и по температуре (8); а также исходных данных: прихода энергии ФАР (1), температуры (2), биоклиматической температуры (3), влажности почвы (4) и влажности воздуха (5) за вегетационный период (20 апреля – 30 октября) для яровой пшеницы в условиях Московской области. Как видно из графиков мелиоративных потенциалов, их значения, как по влажности почвы (7), так и по температуре (8), в разные промежутки времени за период вегетации имели как положительные, так и отрицательные величины.

Это свидетельствует о том, что традиционные оценки климатических факторов по суммарным их значениям за вегетацию весьма несовершенны, так как такие оценки не учитывают влияние динамики изменения климатических факторов во времени на продуктивность растений.

Излагаемый вопрос более подробно освещен в [4, 5]. В допустимом объеме здесь показан новый подход к созданию и реализации высокоэффективных (оптимальных) агротехнологий на основе моделей, учитывающих явления самоорганизации и отражающих главные агроэкологические величины (агроклиматический и метеорологический потенциалы, плодородие земельного угодья). Применение рассмотренных знаний на практике сравнительно сложная задача. Для создания эффективно функционирующей агросистемы разработан программно-аппаратный комплекс, системно логически объединяющий технологическое оборудование, периферийные уст-

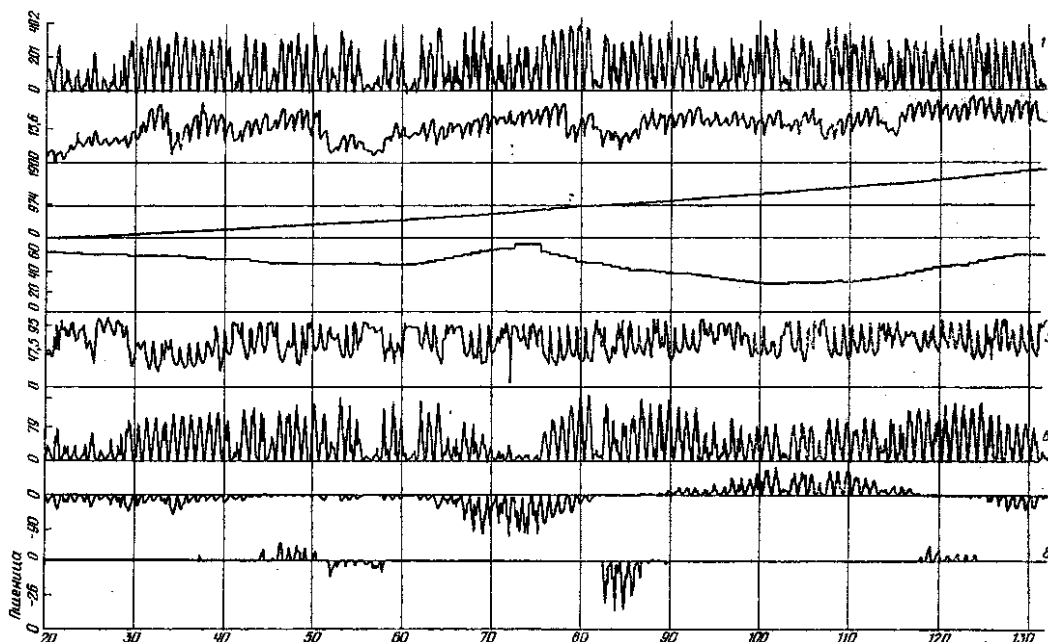


Рис. 1. Графики почасовых значений исходных метеорологических данных и результатов расчета агроклиматического и мелиоративных потенциалов (пояснения в тексте)

ройства управления, исполнительные машины. Компьютерная программа предварительно оценивает возможные значения переменной порядка (урожайность определенной культуры в конкретных агроклиматических условиях), рассчитываются значения эксэргии параметров управления (затраты техногенной энергии, мелиоративных воздействий, плодородия теплиц). Важнейшим элементом программного комплекса является база данных, ее полнота, реалистичность ее использования, своевременные коррекции ее.

Такой компьютерный комплекс при соответствующих дополнениях должен взять на себя решение ряда характерных вопросов при функционировании:

- управление технологическими процессами в нормальных и аварийных режимах, вмешательство при необходимости в технологические процессы;
- контроль состояния инженерно-технических систем (технологические процессы, энергосбережение), обеспечение функций безопасности;
- выполнение действий по оповещению об аварии или происшествии: звуковая и световая индикация на табло и пультах управления, автодозвон по телефону, пейджеру или др.;
- автоматическое отключение не используемых электроприемников;
- специальный режим ведения протокола о функционировании всех систем.

Система позволит решить следующие задачи:

- повышение продуктивности и качества технологических процессов;
- экономичное и эффективное использование ресурсов, снижение эксплуатационных затрат;
- повышение безопасности процессов, работы людей и оборудования;
- максимальный комфорт.

Общая мировая тенденция развития подобных интеллектуальных устройств управления нацелена на принципиальное повышение технико-экономических показателей и обуславливает переход к системам с многофункциональными микропроцес-

сорными перепрограммируемыми модулями. В программах обучения специалистов обязательным являются прикладные аспекты изучения подобных модулей.

Литература

1. *Чернявский Д.С.* Синергетика и информация. М.: Наука, 2001.
2. *Шеннон К. Бантвагон* Работы по теории информации и кибернетике. – М.: ИЛ, 1963.
3. *Корогодин В.И.* Информация и феномен жизни. – Пушино: АН СССР, 1991.
4. *Артюшин А.А., Паршин А.И., Свентицкий И.И.* Аналитическое начало высокоэффективных (оптимальных) технологий // Энергосбережение и энергообеспечение в сельском хозяйстве. Труды 5-й Международной научн.-техн. конференции. Часть 3. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2006. С. 3-11.
5. Сельскохозяйственная биотехнология. / Под ред. В.С. Шевелухи. – М.: Высшая школа, 2003.

ИНТЕГРАЦИЯ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ И ГЕНЕРАЦИИ ЗНАНИЙ

Академик Россельхозакадемии М.Н. Ерохин (МГАУ им. В.П. Горячкина),
д-р техн. наук А.М. Башилов (ГНУ ВИЭСХ)

Интеграция науки и образования – процесс формирования единого общесистемного пространства и единого финансово-хозяйственного механизма на базе новых знаний и технико-технологических достижений, преимущественно компьютерных и информационно-коммуникационных.

Второй информационный взрыв (первый – всеобщая грамотность и образование) характеризуется резким увеличением количества компьютерной информации, повышением ее доступности более широкому кругу людей. Компьютерные технологии позволяют быстро и дешево получать почти любую информацию, обеспечивать принятие сложных решений. Они удешевили и упростили технологии формирования сознания, однако многие из них на примитивном уровне. Например используются рекламные методы приспособления потребностей людей к уже произведенному товару, а не наоборот.

«Информационный взрыв» характеризуется превышением возможности управляющих систем человечества и создает серьезные системные опасности и проблемы. Возникает ситуация несистемного, несодержательного отношения к производственным процессам, к людям, к окружающей среде. Потеря знаний о причинно-следственных связях приводит к подмене реальности виртуальностью, «псевдоинженерией». Не имея собственных целей, специалист часто подражает имиджам («европейничает»). Отрыв команды управления от команды исполнения приводит к экспансии «чужой» и обреченности «своей» инициативы. Из-за снижения темпов прогресса рост и развитие инноваций идёт узконаправленно, избирательно за счёт общесистемной деградации. Новые технологии слишком сложны и дороги, а производитель техники и технологий ограничен в рынке сбыта.

Проблемы управления содержанием науки и образования также значительно обострены. Сокращается количество людей, способных к творческой деятельности. Сфера управления и обслуживания проще и выгоднее, чем сфера созидания. Увеличивается непредсказуемое поведение учащихся, безответственность и низкая квалификация специалистов. Накапливается застой в науке (нет единой теории мира) и технике (нет принципиально новых источников энергии, космических систем, компьютеров, экологически чистых двигателей).

Для компенсации деградации сознания при подготовке квалифицированных научных и технических специалистов необходима серьёзная реформа внутреннего содержания науки и образования. Её можно осуществить путем совместной интеграции на базе нового естественнонаучного мировоззрения и современных интеллектуальных технологий генерации знаний [1–3].

Еще в Древнем мире приоритетной была единая естественнонаучная концепция познания мира, которая в последующем разделилась на несколько самостоятельных. Основной раздел произошёл в понимании первичности материального и идеального. Сегодня в философии и науке намечается возврат к единому, более реалистическому

мировоззрению, объединяющему и примиряющему идеализм и материализм на основе диалектической логики. Другой раздел произошёл по приоритетности способа мышления на гуманитарно-философскую школу (посредством чувств) и физико-математическую (с помощью разума). Далее развитие научного знания и его приложений к практической деятельности привело к возникновению специальных дисциплин.

Сегодня можно выделить несколько подходов в становлении интегральных концепций естествознания. Перечислим наиболее фундаментальные из них: биосферный подход, системный, кибернетический, имитационный, синергетический, ситуационный, информационный, этический, глобальный, самоорганизующийся. Обобщая содержание приведенных подходов, можно сделать заключение, что стратегия развития интегральной концепции естествознания состоит в сочетании структурно-диалектических и гуманитарно-этических принципов реалистической философии, посредством развития базового системного анализа и синтеза в направлении создания теории развивающихся систем, объединяющей идеи синергетического, информационного и кибернетического подходов.

Таблица 1. Организационная основа применения технологий генерации знаний

Сфера деятельности	Область проецирования	Стратегические цели
Профессиональное образование	Формирование содержания специальных дисциплин с ориентацией на извлечение и генерацию знаний	Модернизация управления содержанием образования. Совершенствование технологий получения и распространения новой научной информации
Научные исследования	Организация НИР и НИРС на разработку и идентификацию технологий извлечения и генерации знаний	Модернизация технологий НИР и НИРС. Совершенствование технологий генерации, изобретения и проектирования новых научных продуктов
Прикладная инженерия	Организация и разработка технологий поиска новых научных знаний (самообучения)	Модернизация информационно-коммуникационных технологий. Совершенствование технологий обмена новыми научными результатами

При решении новых интеллектуальных проблем наряду с перечисленными подходами используются компьютерные информационно-коммуникационные технологии, которые обеспечивают технологичность генерации знаний. Заканчивается период стихийного, эмоционального получения новых знаний, наступает период регулярности, системности, гарантированности, эффективности и оперативности генерации инноваций.

Представляет интерес обобщение и проецирование процессов генерации знаний в научно-педагогической деятельности при интеграции ВУЗа и НИИ, например МГАУ и ВИЭСХ при создании совместного научно-образовательного центра или ведущей научно-педагогической школы (табл. 1).

Уровень современной научно-педагогической системы определяется не столько материальными активами, сколько информацией и знаниями. Он проявляется в умениях и навыках людей использовать современные интеллектуальные технологии для извлечения и генерации знаний. Конечные объекты генерации знаний закрепляются в виде теорий и мировоззрений, принципов и подходов, законов и закономерностей, явлений и фактов, моделей и методов, технологий и процессов, патентов и лицензий, организационных и инновационных структур. Интеллектуальный капитал становится основой богатства и ключевым ресурсом развития. На рис. 1 приведена схема управления агротехнологиями на основе генерируемых новых знаний более высокого научно-технического уровня эффективности и совершенства.

Интеллектуальная система генерации знаний – это система относительно адекватная реальной агропроизводственной системе, способная осуществлять восприятие, преобразование и формирование объектов виртуальной агропроизводственной системы с помощью других объектов той же природы в собственном внутреннем пространстве с целью поиска новых функциональных, структурных и параметрических особенностей сложного (неявного) поведения реальной агропроизводственной системы.

Наиболее содержательная часть интеллектуальной системы генерации знаний – онтология. К ней обращаются всегда при завершении или возобновлении научных исследований для поиска незанятой ниши, прояснения новизны, установления целей и задач, уточнения когнитивной перспективы и базиса концепции. Онтология – это системно структурированные знания предметной области (предметная онтология), научного направления (онтология научного проекта) или раздела фундаментальной науки (метаонтология). В настоящее время процедура вхождения в онтологию происходит после коллективного обсуждения на учёном или специализированном совете, либо на научно-технической конференции в кругу специалистов. Однако при таком коллективном способе оценки уровня и места знаний остаётся чувство аморфности, неструктурированности самой процедуры оценки знаний. Соответственно представляется весьма актуальной разработка информационной системы оценки уровня знаний на основе системного подхода и методов теории искусственного интеллекта.

Разработаны и практически освоены в научно-производственной и педагогической деятельности компьютерные технологии извлечения и генерации знаний (например, с помощью логического вывода, создания классификаций, генетического и эволюционного программирования, нечётких множеств, нейронных сетей, распознавания образов). Интеллектуальные технологии позволяют автоматически анализировать информацию по накопленным базам данных и выявлять скрытые знания.

В настоящее время научная активность МГАУ и ВИЭСХ достаточно высока, и проблема заключается не в отсутствии научных результатов, а в низкой эффективности их использования. Одна из причин связана с частым расхождением между тематикой научных исследований и актуальными проблемами сельскохозяйственного производства. Вторая причина связана с недостаточным обеспечением действительно актуальных разработок в материальном, кадровом, информационном и организационном плане.

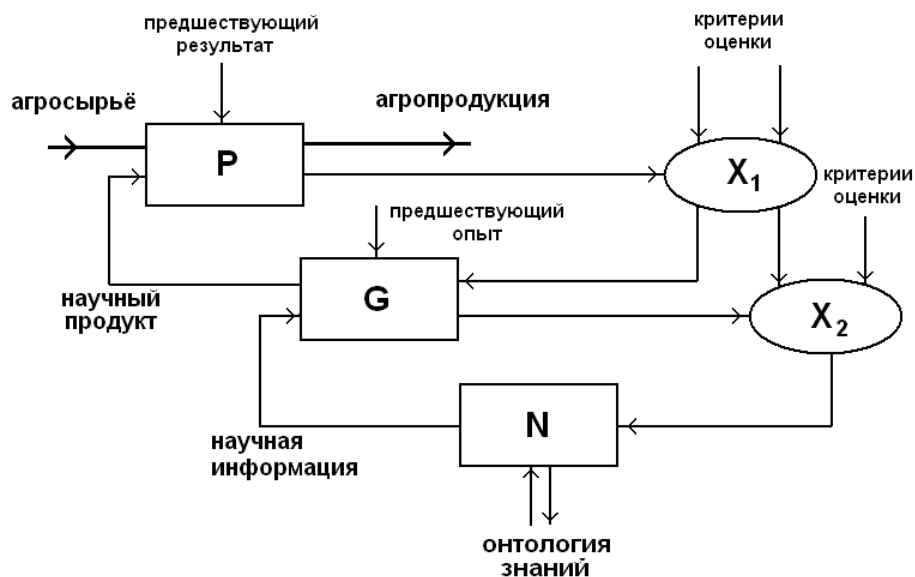


Рис. 1. Схема интеллектуальной системы генерации и освоения новых научных знаний:

P – агротехнологические процессы производства сельскохозяйственной продукции; **G** – интеллектуальные технологии генерации новых знаний; **N** – научно-образовательный центр (научно-педагогическая школа); **X₁** – оценочный блок уровня новизны научного продукта; **X₂** – оценочный блок уровня новизны научной информации

Для решения этих проблем необходимо рассматривать любой генерируемый научный продукт, как в плане его производства (изобретения), так и в плане его освоения (внедрения), начиная от теоретической идеи и заканчивая серийным производством. Модель управления научной деятельностью должна быть построена по принципу конвейера. На рис. 1 конвейерная модель отображена в виде цепочки последовательных переходов: онтология знаний → научная информация → научный продукт → технологический процесс → агропродукция. В более традиционной интерпретации конвейерное производство научных результатов включает фундаментальную науку, прикладную науку, эксперименты, выполнение договоров, внедрение научных разработок, обучение в производстве.

В новом варианте освоения конвейерной технологии по сравнению с предшествующим опытом следует предусмотреть многоконтурную схему управления конвейером. На схеме рис. 1 можно выделить четыре контура управления: контур $K_1 = (N, G, X_2, N)$, контур $K_2 = (N, G, P, X_1, X_2, N)$, контур $K_3 = (N, G, X_1, G, X_2, N)$, контур $K_4 = (G, P, X_1, G)$.

Контур управления K_1 основывается на оценке эффективности использования научного продукта в технологическом процессе **P**. Контур управления K_4 основывается на оценке эффективности использования научной информации интеллектуальными технологиями генерации новых знаний. Контур K_1 и K_4 самые простые, но и самые ограниченные. Контур управления K_2 основывается на оценке эффективности использования научной информации в технологическом процессе **P**. Контур K_3 является самым сложным из всех контуров и представляет собой объединение контуров K_1 и K_4 , которое позволяет получать более полную картину эффективности использования научного продукта в технологическом процессе **P** и научной информации в технологиях генерации знаний **G**.

Рассмотренные контуры управления представляют собой реализацию концепции двухуровневого управления технологиями генерации знаний и технологическими процессами производства агропродукции. По аналогичному принципу можно разработать трехуровневую схему управления, дополнительно обеспечивающую самоуправление деятельностью научно-образовательного центра. Для этого на самый верхний уровень можно делегировать персонального или коллективного руководителя с соответствующими полномочиями и информационно-аналитическими технологиями управления, используя естественнонаучные онтологические знания.

В 2005 году Министерство образования и науки РФ начало реализацию новой редакции федеральной целевой научно-технической программы «Исследование и разработка по приоритетным направлениям развития науки и техники». Среди системообразующих элементов государственной научно-технической и инновационной политики выделены: индустрия наносистем и материалы, живые системы, информационно-коммуникационные системы, региональное природопользование, энергетика и энергосбережение.

Основная задача федеральной программы – это кардинальное повышение результативности научных исследований и разработок, выявление прорывных научных направлений, переориентация на успешную коммерциализацию научных результатов.

Следует признать нетривиальность поставленной задачи, особенно по вопросам определения перспективности научных разработок и их коммерциализации.

В связи с этим возникает необходимость организации при высшем учебном заведении специального научно-образовательного центра, в задачи которого входит продвижение научных разработок на внешний рынок. Более того, должны иметь место двухсторонние связи: с одной стороны – коммерциализация научных результатов, с другой – сбор данных и анализ потребностей рынка.

Для успешного решения задач развития предпринимательской деятельности ВУЗов следует внимательно проанализировать существующий мировой опыт.

Литература

1. Реалистическая традиция в русской философии и культуре: Материалы Международной конференции. – СПб.: ХИМИЗДАТ, 2006. – 172 с.
2. Волкова В.Н. Концепции современного естествознания: Учеб. пособие. Изд. 2-е, перераб. и доп. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2006. – 200 с.
3. Башилов А.М., Загинайлов В.И. Целеадаптивное и эволюционное моделирование синергетической организации агроботехнических систем // Системный анализ в проектировании и управлении. Труды X Международной научно-практической конференции. Часть 2. СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2006. С. 79-89.

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ИНТЕРНЕТ-ТЕХНОЛОГИЙ В НАУКЕ ОБ УПРАВЛЕНИИ ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙ- СТВЕННЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ

Д-р техн. наук В.Р. Краусп
(ГНУ ВИЭСХ)

Интернет-технологии - применяются на завершающей стадии совершенствования компьютеризации управления сельскохозяйственным производством и предполагают наличие: коммуникационных связей в объектах; разработанной теории управления для этих объектов; математических моделей объектов и алгоритмов управления; пакетов программ для выбора и принятия решений. В настоящей статье излагается теория компьютеризации управления и практические решения – созданные машины, оборудование, автоматизированные машинные технологии, приборы и средства автоматизации, системы управления, информационные и инфокоммуникационные технологии и другие средства управления, которые размещены в Интернете на авторском сайте: www.viesh.narod.ru.

Кибернетика – наука об управлении и связи в животном и машине [1], как ее определил основоположник Н. Винер, является основой компьютеризации управления. Она устанавливает общие закономерности в машинных технологиях, биологических объектах, в определении и оценке количества информации, в учете человеческого фактора. Н. Винер по специальности математик, и кибернетика как наука содержит много математических обоснований, расчетов и выкладок. По аналогии в настоящей работе сделана попытка математической постановки задач управления производством, их декомпозиции, классификации задач по уровням управления и дальнейшего синтеза в общую систему управления. Работа ставит задачи интенсификации производства: достижение меньшими средствами, трудозатратами, энергозатратами, объемами информации и меньшим количеством биообъектов, земельных площадей, строительных объемов – большего производственного эффекта.

Современная перестройка и переход к рыночным отношениям, недостаточное финансирование всерьез снизили уровень научных исследований. Желание сохранить научные коллективы, привлечь молодые кадры и другие тенденции привели к разрыхлению научных основ, терпимости противоположных взглядов, к нематематическим описаниям науки, к рекламным представлениям научных и технических решений. Стал редким эксперимент – источник достоверной информации. Поэтому много полученных знаний, изобретений, методов расчета и проектирования теряется или уже потеряно. В отраслях знаний появилось много дезинформации, направленной на получение сиюминутной выгоды. Это приводит к размыванию «острова знаний», к наступлению хаоса и потере курса на создание эффективного производства.

Компьютеризация через Интернет-технологии открывает новые возможности использования результатов ранее проведенных теоретических работ, результатов экс-

периментирования, методов проектирования, изобретений способов и устройств. Формируя базы данных и знаний по разным научно-техническим и биологическим направлениям и открывая доступ к ним инженеров, конструкторов, проектных работников и других специалистов сельского хозяйства, компьютеризация дает возможность использовать созданный ранее научно-технический потенциал в современных условиях.

В период перестройки ликвидированы или существенно сокращены проектные, конструкторские и оформительские организации. Их место занимают специалисты, владеющие компьютерной техникой. В настоящее время повсеместно появляются компьютеризированные (или как сейчас принято называть, автоматизированные) рабочие места АРМ: конструктора, проектировщика, зоотехника, ветеринара, менеджера, экономиста, бухгалтера, управленца и других специалистов. И все они требуют знаний в своей области, алгоритмов принятия решений, программ компьютерных расчетов, документированного (бумажного) оформления принятых решений. Это очень сложная и многогранная задача, требующая интеллекта, высокого образования и создания баз данных и знаний, обобщающих прошлые знания многих поколений. Базы знаний, по сути, являются искусственным коллективным разумом. Они сосредоточены в монографиях и статьях, в справочниках и энциклопедиях, в отчетах и научных трудах институтов. Объединить их, систематизировать, перевести на компьютерный язык, накопить в базах данных и знаний и использовать в системах управления – задача, которая в начальных формах, в ограниченных объемах уже решена для некоторых технологий сельскохозяйственного производства.

В последние годы Россия готовится к вступлению в ВТО, что накладывает на сельскохозяйственное производство высокие требования по количеству, качеству и себестоимости производимой продукции. В научных работах ученых, в прессе и других информационных изданиях появились сведения о разрабатываемых высокоточных, наукоемких, высоких технологиях, о нано-технологиях и других сверхсовременных технологиях производства сельскохозяйственной продукции. Вместе с тем, необходимо уделять внимание компьютеризации тех решений, которые прошли производственные и государственные испытания и по критерию «затраты – экономический эффект» оправдали себя в практике сельскохозяйственного производства.

Сельскохозяйственное производство имеет дело с биотехническими системами. Биологическими объектами являются животные и растения. Они сами по себе являются сложными самоорганизующимися системами. Получение информации от этих объектов, ее обработка и управление биообъектами являются главными задачами на современном этапе. По-новому ставятся задачи компьютеризации управления биологическими конвейерами и определения понятий биологических конвейеров.

Дисциплинирующим и объединяющим фактором для всех исследований в области компьютеризации сельскохозяйственного производства, в управлении обществом и государственными организациями на селе явилась Федеральная целевая программа «Электронная Россия». Она предполагает широкое развитие и применение во всех сферах человеческой деятельности информационно-коммуникационных технологий. В результате их применения в отдельных управ-

ленческих структурах и системах появились новые понятия: «электронное правительство», «электронные офисы госучреждений», «Государство on-line», «электронные граждане» и др. Другими словами, это кибернетическое управление объектами с использованием информационно-коммуникационных технологий (ИКТ). Применение ИКТ дало возможность перейти от бумажных технологий и услуг к электронным решениям, что позволило экономить время и ресурсы во всех цивилизованных странах мира, использующих ИКТ. По-новому стали использоваться знания, накопленная информация, возросла роль фундаментальной и прикладной науки. Повысилась конкурентоспособность экономики стран за счет снижения издержек и повышения качества продукции и услуг, эффективности государственного и местного самоуправления. А это, в свою очередь, обеспечило рост качества жизни граждан. В этом направлении сейчас идет и Россия.

Разрабатываемые ВИЭСХ автоматизированные системы управления электрифицированным сельскохозяйственным производством включают в себя: программы развития сетей связи и организации телекоммуникационных систем; развитие компьютеризированных систем управления в животноводстве, птицеводстве, полеводстве; вопросы создания электротехнологий производства сельскохозяйственной продукции, управляемых с использованием ИКТ. Особое внимание уделено освещению научных вопросов компьютерного управления электрифицированными сельхозпредприятиями и технологическими процессами этих предприятий. В обобщенном виде дается теория построения АСУТП, АСУП и структуры систем многоуровневого управления и вводится четвертая ступень управления на уровне района. Ставятся и решаются задачи автоматизированного управления на каждом уровне иерархии.

Поставлены и решаются задачи управления электрифицированным производством в ряде пилотных районов. Представлены перечни основных информационных систем, готовых к применению в этих районах, и показаны направления дальнейшего развития инфокоммуникационных систем для управления производством молока, мяса, яиц, кормов и переработки продукции животноводства.

Научно обоснованы методы оценки количества, качества и ценности информации при автоматизированном контроле и управлении технологиями и производствами. Использование этих методов позволяет повысить точность управления, достоверность получения информации и эффективность применяемых систем.

Освещен опыт разработки и применения микропроцессорной техники в автоматизированных системах управления производством и переработкой сельскохозяйственной продукции. Приводятся сведения: о новых микропроцессорах, разработанных ВИЭСХ и проходивших в 2003 г. Государственные испытания, об архитектуре микропроцессорных систем управления, о прикладном программном обеспечении компьютерных АСУТП.

В сельском хозяйстве Интернет-технологии, основанные на инфокоммуникационных системах, делают лишь первые шаги. Особенности сферы сельского хозяйства являются большие территории, большая протяженность линий связи,

низкая плотность населения и экстремальные климатические условия. Создание информационно-коммуникационных систем (ИКС) решает задачу обеспечения целостности России, создание единого электронного сообщества, сокращение разницы в развитии ИКТ в центральных областях и удаленных районах, развитие высокоэффективного сельскохозяйственного производства.

Литература

1. Краусп В.Р. Автоматизация послеуборочной обработки зерна (монография). М.: Машиностроение, 1975.
2. Автоматизированная система управления животноводством и растениеводством в Истринском опытном хозяйстве (ИОХ) ВИЭСХ / В.Р. Краусп, А.С. Сергиевский, В.Г. Лидеров, Л.Я. Гольдфарб, А.А. Антия. Проспект. М.: ВИЭСХ, 1976.
3. Краусп В.Р. Комплексная автоматизация в промышленном животноводстве (монография). М.: Машиностроение, 1980.
4. Краусп В.Р. Интенсификация электрифицированных технологических процессов в животноводстве. Диссертация в виде научного доклада ... д-ра техн. наук. М.: ВИЭСХ, 1997.
5. Энергетическое, электротехническое оборудование и средства автоматизации для АПК. Каталог изделий, производимых в системе ВИЭСХ. М.: ВИЭСХ, 2001.
6. Краусп В.Р. Становление научных основ автоматизированного управления электрифицированным сельскохозяйственным производством // Научные труды ВИЭСХ. Т. 87. М.: ВИЭСХ, 2000.
7. Автоматизация и информатизация электрифицированного сельскохозяйственного производства / Отв. за выпуск В.Р. Краусп // Научные труды. Т. 89. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2004.
8. Сайт отдела автоматизации ВИЭСХ: www.viesh.narod.ru
9. Краусп В.Р. От автоматизации к инфокоммуникационным технологиям управления электрифицированным производством АПК (1930 – 2005 гг.) // Вестник ВИЭСХ «Энергообеспечение, электромеханизация и автоматизация сельского хозяйства». К 75-летию ВИЭСХ. Выпуск 1/2005. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2005.
10. Краусп В.Р. Развитие и применение Интернет-технологий в управлении производством АПК // «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве». Труды 5-й Международной научно-технической конференции. Ч. 5. «Инфокоммуникационные технологии». М.: ГНУ ВИЭСХ, 2006.

ИМИТАЦИОННЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

Д-р техн. наук А.М. Мусин
(ГНУ ВИЭСХ)

Актуальность проблемы заключается в том, что традиционные методы оценки эффективности механизации сельского хозяйства не приспособлены для оценки современных автоматизированных технологических процессов. Основным источником эффективности инженерных решений в сельском хозяйстве считалось снижение затрат живого труда, энергии и материальных ресурсов на выполнение сельскохозяйственных работ. Этому положению соответствует критерий приведенных затрат. Технологический эффект, выражающийся в повышении продуктивности растений и животных, в повышении качества продукции, считается некоторой добавкой к экономии производственных затрат, эта добавка в расчетах фактически не учитывалась.

В современном автоматизированном производстве технологический эффект становится основным источником эффективности, его величина часто на порядок выше экономии трудовых, энергетических и материальных ресурсов. Неучет этой части экономического выигрыша приводит к ошибкам при выборе оптимального инженерного решения. Применение электроники и вычислительной техники связано с большими затратами на оборудование. Принятие инженерного решения без достаточного обоснования приводит к неоправданным затратам. Отсутствие методики оценки эффективности технологических процессов животноводства с учетом повышения продуктивности животных и качества продукции не позволяет выбрать наиболее выгодный вариант построения технологии и наилучшего использования имеющихся резервов.

Из общей проблемы повышения продуктивности животных и качества их продукции следует выделить ее часть, связанную с механизацией и автоматизацией технологических процессов. Задача заключается в том, чтобы найти такой вариант инженерного решения, при котором обеспечивались бы наиболее благоприятные условия для производства, обработки и хранения животноводческой продукции при наименьших затратах материальных и энергетических ресурсов. Такая задача соответствует основному направлению развития современной техники – созданию так называемых высоких технологий.

Оценка эффективности чрезвычайно важна как в начале разработки высокой технологии, так и в ходе ее использования в производстве. Прогноз эффективности на этапе технико-экономического обоснования позволяет избежать неоправданных затрат на осуществление и проверку проектов и выбрать из числа возможных вариантов наиболее выгодный. При использовании в производстве реализованного проекта нужна прогнозная оценка эффективности намечаемых мероприятий по эксплуатации новой технологии.

Применение традиционных методов технико-экономического анализа с учетом технологического эффекта затруднено из-за особенностей объектов животноводства. Количество и качество животноводческой продукции зависит от влияния большого числа факторов. Техника влияет только на часть из них. Другая часть из них остается

неуправляемой, например климатические условия в регионе или индивидуальные особенности отдельно взятых животных. Поэтому прогноз результатов функционирования системы «животное – техника» (биотехническая система) всегда содержит в себе некоторую неопределенность. Это отражается в том, что обычно указывают не одно значение увеличения продуктивности, а интервал возможных значений.

Достижения фундаментальных наук и наличие вычислительной техники позволяют обосновывать инженерные решения при такого рода неопределенностях исходных данных. Для использования этих достижений необходима адаптация рекомендуемых в научной литературе методов теории операций к задачам технико-экономической оценки эффективности автоматизации технологических процессов животноводства, для решения этой задачи необходим двухсторонний подход. С одной стороны, нужно изучить особенности сельскохозяйственных объектов автоматизации, определить главные факторы, влияющие на конечный результат технологического процесса, определить существующие количественные связи между этими факторами и показателями технологического процесса, сформировать математическую модель, отражающую эти связи. С другой стороны, нужно из общих методов поиска оптимального решения при неопределенности исходных данных выбрать критерий, наиболее полно соответствующий поставленной задаче.

Животные вместе с обслуживающей их техникой образуют производственную биотехническую систему. Основным источником эффективности системы является технологический эффект, представляющий собой повышение продуктивности или улучшение качества и повышение сохранности продукции. На эти показатели оказывает влияние множество факторов, действующих одновременно и в разных комбинациях. Полная математическая модель содержит большое количество переменных величин, отражающих действие внешних факторов. Анализ модели с учетом всех возможных ситуаций, возникающих при различных комбинациях факторов, практически невозможен. Для выполнения необходимых расчетов определяют типичные ситуации (определенную комбинацию факторов) и оперируют с ними. Такой подход дает частный результат, который можно распространить только для конкретных объектов, функционирующих в конкретных условиях. Между тем, для получения оптимального решения нужно рассмотреть несколько возможных решений и по результатам расчетов выбрать наилучшее. Это возможно при использовании компьютера.

Применение новых средств исследования требует пересмотра подготовки исходных данных и методов их обработки. Значения переменных математической модели должны быть представлены в определенной форме, соответствующей тому программному языку, который установлен в компьютере. Кроме того, число переменных, с которыми следует оперировать в ходе расчета, должно быть ограничено. Из всех действующих факторов следует отобрать главные, те, которые наиболее существенно влияют на конечный результат. Остальные факторы образуют зону неопределенности. При оценке результатов расчета и выборе оптимального решения необходимо эту неопределенность учесть.

В основе математической модели лежит сравнительная эффективность. Рассматриваемый вариант проектируемого решения сравнивается с другим, принятым в качестве базового. После попарного сравнения всех вариантов с базовым выбирается тот, который дает наилучший результат. В качестве критерия выбора принят прирост прибыли, получаемой при использовании рассматриваемого варианта. Применение этого критерия вместо приведенных затрат позволяет учесть в расчетах технологиче-

ский эффект, который в автоматизированных биотехнических системах имеет преобладающее значение.

Исходя из изложенных выше соображений разработан алгоритм прогнозной оценки проектируемых решений и выбора наилучшего из возможных (рис. 1).



Рис. 1. Алгоритм расчета эффективности биотехнической системы животноводства

Алгоритм предусматривает подготовку исходных данных (параметров и характеристик технологического процесса, техники, хозяйственного объекта, на котором будет действовать автоматизированная биотехническая система), выбор критерия эффективности, составление математической модели, проведение расчетов и оценку результатов.

Для выполнения расчетов рекомендуется использовать программный язык WINDOWS-EXCEL, в него заложены микрокоманды, которые позволяют пользователю выполнять необходимые вычисления, не составляя специальные программы.

Разработанный метод был использован для оценки эффективности ряда технологических процессов с участием ведущих специалистов.

Анализ технико-экономических показателей автоматизированных раздатчиков концентрированных кормов свиньям на откорме и выбор оптимального варианта (Работа выполнена совместно с к. т. н. В.И. Ломовым, ВНИИМЖ)

Нормированное кормление животных является одним из главных направлений ресурсосбережения в животноводстве. Затраты на корма составляют основную часть

себестоимости конечной продукции. Автоматизация кормления позволяет осуществить рациональное использование кормовых ресурсов.

Применение электроники позволяет получить высокую точность дозирования корма, но одновременно с этим приводит к удорожанию кормораздатчика. Поэтому задача выбора оптимального варианта кормораздатчика сводится к определению погрешности дозирования, при которой достигаются наилучшие экономические показатели.

Сравнивались четыре варианта мобильных кормораздатчиков концентрированных кормов свиньям на откорме. Первые два варианта представляют собой серийно выпускаемые агрегаты, которые работают с точностью дозирования 14 и 8 %. Третий и четвертый варианты – новые разработки института ВНИИМЖ. Они отличаются от первых двух более высоким уровнем автоматизации. За счет применения дорогостоящей автоматики точность дозирования у них была повышена до 3 и 5 % соответственно, вместе с тем почти в два раза повысилась их стоимость.

Целью работы было на основе сопоставления затрат на автоматизацию и технологического эффекта, получаемого за счет более точного дозирования корма, выбрать оптимальный вариант агрегата.

В соответствии с новой методикой расчета были подготовлены исходные данные (характеристики и параметры кормораздатчиков, цеха по откорму свиней, производственные условия функционирования, возможные изменения продуктивности животных, изменения цены реализации продукции), определены главные факторы, влияющие на эффективность кормораздатчиков: поголовье обслуживаемого стада, продуктивность животных, питательность корма, капиталовложения в технику, эксплуатационные затраты, точность дозирования корма, цены корма и реализации продукции. Эти показатели были введены в целевую функцию. В качестве критерия эффективности был принят прирост прибыли по сравнению с базовым вариантом. Расчеты произведены на компьютере с использованием языка WINDOWS-EXCEL.

Анализ результатов расчета показал, что повышение уровня автоматизации раздачи корма повышает эффективность технологического процесса, прирост прибыли при повышении точности дозирования значительно выше прироста капиталовложений на автоматизацию. Оптимальное значение точности дозирования зависит от объема годовой продукции и питательности корма. При объеме годовой продукции 2200 тонн наибольшее значение проста прибыли имеет кормораздатчик, работающий с точностью 3 %, а при годовом объеме продукции 200 тонн – кормораздатчик, работающий с точностью 5 %. Разработанная методика позволяет определять оптимальный уровень автоматизации с учетом производственных условий его использования.

Оценка эффективности технологических линий обработки молока на ферме учетом отказов оборудования

(Работа выполнена совместно с к. т. н. Е.Б. Билибиным)

Цель расчета – определить возможное снижение прибыли (риск потери прибыли) при отказах оборудования для обработки молока. Рассмотрено 5 вариантов комплектации молочной фермы на 400 голов при среднегодовом удое коров 3500 и 4500 голов.

Статистических данных по отказам оборудования недостаточно, в расчетах использованы некоторые данные по хозяйствам Московской области. Учтены следующие виды отказов: техническая неисправность оборудования, внеплановые отключе-

ния электроэнергии и некачественная промывка оборудования по вине обслуживающего персонала. Экспертные оценки потока отказов были разделены на оптимистические (минимальные вероятности отказов) и пессимистические (максимальные вероятности отказов). Было принято, что отказы оборудования для обработки молока приводят к снижению сортности молока на один класс, а снижение цены реализации молока по этой причине 2 руб./кг.

Расчеты показали, что риск потери прибыли соизмерим с эксплуатационными затратами и составляет при среднегодовом удое коров 20 – 50 %.

Метод расчета может быть использован при экономическом обосновании мероприятий по снижению потока отказов оборудования.

Оценка технико-экономической эффективности установок аккумуляционного действия для охлаждения молока с применением естественного холода

(Работа выполнена совместно с к. т. н. Е.Б. Билибиным и к. т. н. Ф.Г. Марьяхиным)

Исследования эффективности применения установок для охлаждения молока естественным холодом показали, что по сравнению с установками, работающими с компрессионными холодильными машинами, они имеют лучшие экономические и энергетические показатели. Затраты электроэнергии на 1 т охлаждаемого молока снижаются в 1,5 – 2 раза, снижаются также амортизационные отчисления и расходы на техническое обслуживание.

Вместе с тем практика показала, что эффективность технологического процесса охлаждения молока во многом зависит от производственных условий. В некоторых неблагоприятных условиях денежные и энергетические затраты могут оказаться значительно выше средних по стране показателей. В связи с этим в настоящем исследовании поставлена задача: определить влияние производственных условий на технико-экономические показатели установок для охлаждения молока с применением естественного холода, наметить мероприятия по их улучшению.

В качестве объекта исследования был принят типоразмерный ряд серийно выпускаемых установок аккумуляционного действия МО-СХ с холодопроизводительностью от 7,5 до 38 кВт и аккумулирующей способностью от 120 до 260 кВт·ч.

В качестве основных показателей, характеризующих эффективность установок, приняты удельные затраты энергии (энергоёмкость) и удельные приведенные затраты на 1 т охлаждаемого молока. Главными факторами, влияющими на эти показатели, являются годовой надой молока и число холодных дней в году, в которые возможно охлаждение молока за счет естественного холода.

Исследования производились путем наложения типоразмерного ряда установок МО-СХ на типоразмерный ряд молочных ферм с годовым надоем от 100 до 1200 тонн. В ходе расчетов было учтено число холодных дней в году, характеризующее климатическую зону, в которой применяют установки.

Сравнивались 3 варианта комплектования ферм установками естественного холода: без использования аккумулятора, с использованием аккумулятора холода и его зарядкой в течение 6 часов в сутки, с использованием аккумулятора и его зарядкой в течение 8 часов в сутки. В ходе расчетов было учтено число холодных дней в году, характеризующее климатическую зону, в которой применяются установки.

На основании анализа результатов расчета сделаны следующие выводы.

1. Технология охлаждения молока с использованием установок естественного холода ряда МО-СХ имеет большие резервы экономии материальных и энергетических ресурсов. При надлежащей увязке параметров установки с параметрами хозяйственного объекта и климатическими условиями можно получить снижение удельных приведенных затрат и электроэнергии в 2 – 3 раза по сравнению с традиционными технологиями.

2. Существующий типоразмерный ряд установок МО-СХ не обеспечивает энергосберегающий режим работы на малых фермах с годовым удоем до 200 т. Ряд необходимо дополнить установками с меньшей холодопроизводительностью.

3. Работа аккумуляторов холода в неконтролируемом режиме может привести к неоправданному перерасходу энергии. Для того чтобы этого не происходило, необходимо автоматическое изменение времени зарядки аккумулятора в зависимости от точного надоя фермы.

4. Применение установок типоразмерного ряда МО-СХ выгодно во всех климатических зонах Российской Федерации. В регионах с большим числом холодных дней их применение может в 1,5 – 2 раза снизить расход электроэнергии на охлаждение молока.

Технико-экономическая оценка технологического эффекта комплектов машин для приготовления грубых и сочных кормов

(Работа выполнена совместно с д. т. н. Е.И. Резником и д. с.-х. н. В.К. Скоркиным, ВНИИМЖ)

Грубые и сочные корма являются основными компонентами кормовой базы для крупного рогатого скота. Качество их подготовки к скармливанию влияет на продуктивность животных.

По исследованиям, проведенным д. с.-х. н. В.К. Скоркиным при длине резки корма в пределах 20 – 50 мм продуктивность коров повышается на 4 – 16 % по сравнению с кормлением не измельченным кормом. В других литературных источниках также отмечается положительный эффект такого же порядка.

По результатам испытаний существующих дробилок-измельчителей грубых и сочных кормов, проведенных д. т. н. Е.И. Резником, длина резки изменяется в широких пределах, показатели измельчения не укладываются в оптимальный диапазон, это свидетельствует о том, что в современных технологических схемах существуют резервы улучшения экономических показателей технологии подготовки грубых кормов.

С целью выявления этих резервов с применением изложенного выше метода были проанализированы технико-экономические показатели 7 комплектов машин для подготовки и раздачи грубых и сочных кормов. В их число входили серийно выпускаемые и разработанные во ВНИИМЖе машины. Они имели разные показатели, характеризующие фракционный состав корма. Расчеты производились для фермы, имеющей годовой надой молока 1800 тонн, при цене реализации молока 5 тыс. руб./т, при пессимистической оценке повышения продуктивности 6 % и оптимистической – 8 %. Результаты расчета показали, что технологический эффект при использовании дробилок-измельчителей, выдающих корм с длиной резки в оптимальном диапазоне, значительно выше, чем при использовании других машин. Этот эффект также значительно больше других видов эффекта (экономия живого труда, энергии и др.). При-

менение компьютера позволяет анализировать сразу несколько комплектов машин при разных производственных условиях.

Определение допустимых инвестиций в доильные роботы

(Работа выполнена совместно с акад. РАСХН Л.П. Кормановским и д. т. н. Ю.А. Цоем)

Доильный робот представляет собой сложное техническое устройство с современными средствами автоматизации. Стоимость его намного превышает стоимость установок типа «елочка» и «тандем». В такой ситуации чрезвычайно важно оценить ожидаемые результаты новой технологии и предупредить большие потери, которые могут возникнуть при попытке внедрить ее «наугад», без достаточного экономического обоснования.

Цель настоящей работы в том, чтобы оценить, при каких условиях технико-экономические показатели доильных роботов могут оказаться приемлемыми.

Сравниваются между собой технико-экономические показатели доильного робота «Меко» и установки «елочка», которые предполагается использовать на ферме, имеющей 160 дойных коров. Затраты в новой технологии резко возрастают. Ее применение целесообразно в том случае, когда стоимость получаемой при этом дополнительной продукции больше прироста затрат по сравнению с затратами на «елочку». По результатам эксплуатации доильных роботов в странах Западной Европы за счет создания благоприятных условий содержания при новой технологии продуктивность коров возрастает на 10 – 15 %. Этот технологический эффект оказывается достаточным для того, чтобы оправдать большие капитальные вложения.

Анализ опыта эксплуатации доильных роботов в странах Западной Европы показал, что между инвестициями на доильные роботы и установки типа «елочка» существует отношение, приблизительно равное 1,5. Есть основание предполагать, что это отношение сохранится и для будущих отечественных роботов. Оно было заложено в математическую модель эффективности доильных роботов. Это послужило основанием для определения допустимых инвестиций, при которых стоимость дополнительной продукции компенсирует затраты на новую технику.

Расчеты показали, что допустимые инвестиции в роботы типа «Меко» при годовом удое коров 9 тонн и ожидаемой прибавке удоя 10 % составляют 8 млн. руб., а при ожидаемой прибавке 15 % – 11 млн. руб. Эти цифры показывают, насколько сильно влияние технологического эффекта на экономику технологического процесса.

Технико-экономическая оценка способов обеззараживания концентрированных кормов

(Работа выполнена совместно с к. т. н. Е.М. Клычевым, к. т. н. С.Г. Карташовым и к. т. н. В.С. Ромалийским)

Обязательным условием использования концентрированных кормов является предварительное исследование их бактериологических характеристик и при неудовлетворительном качестве – обеззараживание. Цель настоящего исследования: экономическое обоснование целесообразного способа обработки корма и прогноз его эффективности.

В качестве альтернативных вариантов были выбраны четыре способа, для реализации которых выпускается серийное оборудование: экструдирование, пропаривание, микронизация и обработка электромагнитными полями СВЧ. Экономическая целесообразность использования того или иного варианта зависит от цели обработки. Обеззараживание является обязательным условием подготовки кормов. Наряду с этим при обработке корма указанными выше способами достигается повышение питательности корма и продуктивности животных от 2 до 8 %. В качестве базы для сравнения был принят вариант, в котором обеззараживание отсутствовало. Расчеты были произведены для ферм по откорму свиней с годовым объемом производства свинины от 400 до 1000 тонн для случаев повышения продуктивности от 3 до 6 %.

На основе анализа результатов расчета сделаны следующие выводы. Если целью обработки является только обеспечение ветеринарной безопасности, целесообразно использовать термический способ. Если наряду с этим необходимо обеспечить повышение продуктивности, предпочтение следует отдать способам экструдирования и обработки полем СВЧ.

Приведенные выше примеры использования методики показывают большие возможности для технико-экономического анализа современных биотехнических систем животноводства, Имитационное моделирование на компьютере позволяет оценивать работу всех возможных вариантов инженерного решения с учетом технологического эффекта при изменяющихся производственных условиях.

РАЗРАБОТКА НОВЫХ СПОСОБОВ И УСТРОЙСТВ ЭКОНОМИЧНОГО ОБОГРЕВА БРОЙЛЕРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ИХ ПРОДУКТИВНОСТЬЮ

Д-р техн. наук А.В. Дубровин
(ГНУ ВИЭСХ)

Современной научно-технической задачей при обогреве бройлеров являются непрерывный в реальном времени автоматизированный поиск экономически оптимального и энергетически рационального режима обогрева помещения и птицы, достижение экстремального значения принятого экономического критерия. В результате ее решения устанавливается такое значение ощущаемой птицей температуры помещения, при котором обеспечивается наивысший в каждый момент времени расчетный прирост прибыли [1] при обогреве птицы и помещения.

Задача оптимизации микроклимата помещения для выращивания бройлеров в клеточных батареях с учетом расхода энергии на отопление птичника и для достижения максимума функционала непрерывно изменяющейся во времени разности стоимостей продукции и тепловой энергии при управлении микроклиматом по условию наивысшей продуктивности поголовья решена (Грабауров В.А., Савченко Е.И., 1986). Промышленный птичник рассматривается как биотехническая система, состоящая из взаимосвязанных и взаимозависимых объектов – биологического (птица) и технического (помещение и оборудование). Математическая модель биологического объекта представляет собой зависимость продуктивности птицы (суточный прирост массы бройлера, в граммах) $\Pi_{бр}$ от возраста птиц t (в сутках) и от основных параметров микроклимата – температуры воздуха T (в градусах по шкале Цельсия), относительной влажности воздуха B (в процентах) и загазованности воздуха K (массовая концентрация аммиака в воздухе, мг/м^3) [2, 3]:

$$\Pi_{бр} = a_0 + a_1t + a_2T + a_3B + a_4K + a_5t^2 + a_6T^2 + a_7B^2 + a_8K^2 + a_9tT + a_{10}tB + a_{11}tK + a_{12}TB + a_{13}TK + a_{14}BK, \quad (1)$$

где a_0, a_1, \dots, a_{14} – коэффициенты уравнения регрессии: $a_0 = -715,1$; $a_1 = 6,354$; $a_2 = 27,076$; $a_3 = 9,594$; $a_4 = -0,870$; $a_5 = -0,025$; $a_6 = -0,343$; $a_7 = -0,050$; $a_8 = -0,009$; $a_9 = -0,104$; $a_{10} = -0,024$; $a_{11} = 0,003$; $a_{12} = -0,102$; $a_{13} = 0,012$; $a_{14} = 0,008$ [4].

Показатель уровня теплового комфорта в виде величины ощущаемой температуры $t_{оп}$ включает в себя комплекс факторов температуры воздуха T (далее в тексте измеряемая и усредненная по высоте птичника температура внутреннего воздуха в помещении обозначена $t_b^{изм}$), скорости его движения и лучистых тепловых потоков между телом животного или птицы и нагретыми или охлажденными ограждающими конструкциями помещения. Для обсуждаемой математической модели продуктивности бройлеров в клеточных батареях (1) значения ощущаемой температуры и температуры воздуха практически равны. Поэтому математическая модель (1) действует и при замене в ней величины температуры воздуха на величину ощущаемой температуры при оценке теплового состояния птицы и при лучистом обогреве помещения.

Из биологии известно, что различия в развитии однотипных организмов сохраняются на протяжении всего периода их роста, поэтому цена будущей реализации суточного прироста массы бройлеров $\Pi_p^{сут}$ определяется значением этого прироста $\Pi_{бр}(t_{оп}, T, B, K)$, $\text{кг} \times 10^{-3}/\text{сут.}$, количеством бройлеров в помещении $N_{бр}$, голов (обычное количество 20 тыс. голов в птицезале размерами 18×96 м), удельной ценой реализации конечной продукции птицефабрики $\Pi_p^{уд}$, руб./кг:

$$\Pi_p^{сут} = \Pi_{бр}(t_{оп}, T, B, K) \times N_{бр} \times \Pi_p^{уд}. \quad (2)$$

Суточная стоимость тепловой энергии для общего обогрева птичника $\mathcal{E}_o(t_b^{изм})$ пропорциональна удельной стоимости применяемого энергоносителя $\Pi_{эо}$, руб./кВт·ч, длительности времени опроса биотехнической системы (суточного отопительного периода в 24 ч) T_o , и средней за этот период времени мощности системы общего обогрева $Q_{оср}(t_b^{изм})$, кВт, которая определяется при средних за период T_o величинах температур внутреннего $t_b^{изм}$ и наружного воздуха $t_n^{изм}$, °С:

$$\mathcal{E}_o^{сут}(t_b^{изм}) = \Pi_{эо} T_o Q_{оср}(t_b^{изм}) = \Pi_{эо} T_o (Q_{огр} + Q_{вент} + Q_{инф} - Q_{пт}), \quad (3)$$

где $Q_{пт}$ – тепловыделения птицы, кВт; $Q_{под}$ – тепловыделения от подстилки, кВт; $Q_{огр}$ – тепловые потери через ограждения, кВт; $Q_{вент}$ – общие потери теплоты с влажным вентилируемым воздухом (с учетом теплоты, расходуемой на испарение влаги с открытых водных и смоченных поверхностей), кВт; $Q_{пол}$ – тепловые потери через пол, кВт; $Q_{инф}$ – расход теплоты на инфильтрацию, на нагрев воздуха, проникающего в помещение через притворы ворот, окон и дверей, кВт.

Суточные затраты на энергию в системе локального электрического или газового обогрева $\mathcal{E}_л^{сут}(t_{оп})$ пропорциональны удельной стоимости энергии данного вида $\Pi_{эл}$, руб./кВт·ч, в данном регионе страны, количеству зон обогрева, или количеству лучистых обогревателей в помещении $N_л$, отн. ед., средней за сутки мощности применяемого локального обогревателя $Q_л^1(t_{оп})$, кВт.

$$\mathcal{E}_л^{сут}(t_{оп}) = \Pi_{эл} N_л Q_л^1(t_{оп}) T_o. \quad (4)$$

При известной статической характеристике локального электрообогревателя в виде, например, «люстры» из четырех ИК излучателей типа ЛИКИ:

$$Q_л^1(t_{оп}) = 44,51(t_{оп} - t_b)^{3/2} \times 10^{-3}. \quad (5)$$

Разработанный способ экономичного обогрева птицы включает в себя измерение и задание величины ощущаемой птицей температуры помещения, сравнение измеренной и заданной величин, регулирование режима обогрева по результату сравнения, измерение величин температур и относительных влажностей внутреннего воздуха в помещении и наружного воздуха, концентрации аммиака. Потери тепловой энергии помещением вычисляют также в зависимости от измеренных величин температур и относительных влажностей наружного и внутреннего воздуха в помещении. Формируют сигнал величины ощущаемой температуры помещения, периодически изменяют этот сигнал в диапазоне между технологически допустимыми наименьшим и

наибольшим её заданными значениями. В зависимости от значения этого сигнала вычисляют стоимость продукции данной партии птицы, затем вычисляют первую разность между стоимостью продукции и стоимостью затрат энергии на обогрев в качестве показателя прибыли в диапазоне между технологически допустимыми наименьшим и наибольшим заданными значениями сигнала сформированной величины ощущаемой температуры помещения. Определяют наибольшее значение этой первой разности в качестве значения наивысшей прибыли и соответствующий ему сигнал сформированной величины ощущаемой температуры помещения, определяют второе значение этой разности при нормативном значении ощущаемой температуры технологического режима наивысшей продуктивности поголовья в качестве нормативной прибыли. Вычитают из первой разности стоимостей её второе значение и получают третью разность стоимостей в виде показателя прироста прибыли, определяют наибольшее значение этой третьей разности в качестве значения наивысшего прироста прибыли и соответствующий ему сигнал сформированной величины ощущаемой температуры помещения. При этом соответствующие значения наивысшей прибыли и наивысшего прироста прибыли сигналы сформированной величины ощущаемой температуры помещения равны между собой. Сравнивают соответствующий наибольшему значению первой или второй разности сигнал сформированной величины ощущаемой температуры помещения с измеренной величиной ощущаемой температуры помещения и по результату сравнения корректируют обогрев птицы.

Целевая функция оптимизации значения управляемого параметра ощущаемой температуры $t_{оп}^{опт}$ в виде показателя прибыли $\Pi(t_{оп}^3)$, или показателя прироста прибыли $\Delta\Pi(t_{оп}^3)$ при переборе искусственно задаваемых значений $t_{оп}^3$, которые численно равны измеренным значениям $t_{оп}$ в диапазоне между её наименьшим и наибольшим заданными технологическими значениями:

$$\Pi(t_{оп}^3) = C_p^{cyr}(t_{оп}^3) - \mathcal{E}_л^{cyr}(t_{оп}^3), \quad (6)$$

$$\Delta\Pi(t_{оп}^3) = \Delta C_p^{cyr}(t_{оп}^3) - \Delta \mathcal{E}_л^{cyr}(t_{оп}^3) = \Delta C - \Delta \mathcal{C}. \quad (7)$$

Как известно, прибыль $\Pi^{авт}$ новой системы автоматизации или технологии:

$$\Pi^{авт} = \Pi + \Delta\Pi = C_p^{макс} - C + \Delta C - \Delta \mathcal{C}, \quad (8)$$

где $C_p^{макс}$ – рыночная цена реализованной за год продукции в действующей системе обогрева по условию получения наивысшей продуктивности поголовья, руб./год; C – годовые издержки производства, руб./год; $\Delta\Pi$ – увеличение прибыли, руб./год, из-за экономии издержек в результате экономически обоснованного снижения затрат на энергию в обсуждаемой технологии ΔC , руб./год, при неизбежно возникающих при предлагаемом методе экономической оптимизации расчетных потерях продуктивности $\Delta \mathcal{C}$, руб./год ($\Delta \mathcal{C}$ – по абсолютной величине). В качестве единицы времени при наличии математической модели продуктивности типа (1) может быть принята любая длительность технологического процесса, а не только общепринятая в экономических расчетах и кратная году.

Остальные составляющие эксплуатационных затрат – на освещение, трудозатраты персонала и т.п. – от $t_{оп}$ при локальном обогреве зависят слабо или вообще не зависят. Составляющие (7) вычисляются по известным и модифицированным зависи-

мостям, включающим в себя удельные цены на электрическую энергию и природный газ в данном регионе страны, удельную отпускную цену мяса бройлеров на конкретной птицефабрике, параметры наружного климата: t_n и φ_n , теплоизоляционные характеристики конструкции помещения для поголовья: $S_{огр\ i}$, $R_{о\ огр\ i}$, $G_{инф}$ – площадью ограждающих конструкций, их сопротивлений теплопередаче и удельный объем инфильтрации наружного воздуха через притворы в помещение; параметры внутреннего микроклимата: $t_{оп}$, $t_{оп}^{норм} = t_{оп}^{макс\ продукт}$ – нормативное значение $t_{оп}$, соответствующее режиму обогрева при наивысшей продуктивности поголовья, t_b , $\varphi_{вн}$; характеристики оборудования для лучистого локального обогрева: $Q_{л}^1(t_{оп}, t_b)$ – статическую характеристику передачи локального обогревателя. Все эти составляющие эксплуатационных затрат определены в [5].

В сильный мороз обычная система конвективного, лучистого или комбинированного обогрева с электрическим или с газовым энергоносителем просто поддерживает нормативный технологический режим обогрева поголовья $t_{оп}^{норм} = t_{оп}^{макс\ продукт}$, соответствующий его наивысшей продуктивности. Расход электроэнергии или природного газа связан с потребностями биотехнической системы и из-за большой суммарной теплоотдачи помещения здания может достигнуть больших значений. Это приведет к тому, что разница между наивысшей ценой реализованной продукции $C_p^{макс}$ и очень высокой стоимостью израсходованных энергоносителей, корма и воды $C^{макс}$ окажется совсем малой. Поэтому прибыль в данном (старом) варианте управления по критерию максимальной продуктивности поголовья Π_c получена небольшая:

$$\Pi_c = C_p^{макс} - C^{макс}. \quad (9)$$

По новому способу автоматически выбирается такой режим расхода энергоносителя, при котором указанная экономически оптимальная разность $C_p^{опт} - C^{опт}$ всегда имеет наибольшее значение. Таким образом, при любых внешних условиях прибыль в новом варианте управления по критерию максимума прибыли $\Pi_{опт}$ всегда максимальна:

$$\Pi_{опт} = C_p^{опт} - C^{опт}. \quad (10)$$

Вычитая из второго значения разности её первое значение, получаем прирост прибыли $\Delta\Pi$, образовавшийся в результате оптимального (наилучшего) автоматизированного управления обогревом помещения с молодняком:

$$\Delta\Pi = \Pi_{опт} - \Pi_c = C_p^{опт} + C^{опт} - C_p^{макс} - C^{макс} = -\Delta C + \Delta C. \quad (11)$$

Прибыль увеличивается в результате экономически оптимального управления обогревом на величину её прироста:

$$\Delta\Pi_1(t_{оп}^{опт\ 1}) = -\Delta C_1(t_{оп}^{макс\ продукт}, t_{оп}^{опт\ 1}) + \Delta C_1(t_{оп}^{макс\ продукт}, t_{оп}^{опт\ 1}), \quad (12)$$

где $\Delta C_1(t_{оп}^{макс\ продукт}, t_{оп}^{опт\ 1})$ – экономия издержек, выигрыш в стоимости затрат энергии, полученный за счет частичного снижения продуктивности поголовья или за счет некоторого уменьшения (по абсолютной величине) цены реализованной в будущем продукции данной технологии $\Delta C_1(t_{оп}^{макс\ продукт}, t_{оп}^{опт\ 1})$ в результате перехода от управления по критерию максимума продукции с любыми затратами при значении $t_{оп}^{макс\ продукт}$ режима наивысшей продуктивности к управлению по показателю макси-

мума прироста прибыли при экономически оптимальном значении $t_{оп}^{опт}$ управляемого параметра $t_{оп}$.

Таким образом, при управлении экономически оптимальным обогревом учитываются в том числе следующие сигналы как материальные носители информации и полученные расчетные величины:

заданные: $T_{ц} = t$; $t_{оп}^{3 мин}$, $t_{оп}^{3 макс}$ – технологически допустимые наименьшее и наибольшее заданные значения ощущаемой температуры помещения, в пределах между которыми периодически изменяют сигнал сформированной величины ощущаемой температуры помещения; времени опроса T_0 ; $a_0, a_1, \dots, a_{14}, N_{бр}, Ц_p^{уд}, Ц_э, N_{л}, 44,51, 3/2, 10^{-3}, S_{огр i}, R_{o огр i}, G_{инф}, 0,032, 1,17, 70 \dots 100, 0,28, 0,68, 10^{-5}, \sum_{i=1}^k (F_{огр i} / R_{o огр i}), 40,$

$0,021, 0,0012, d_{вн}^{нас}(t_b)$ – константы;

формируемые: $t_{оп}^3$ – сформированный сигнал величины $t_{оп}$;

измеренные: $t_{оп}, T = t_b, V = \varphi_{вн}, t_n, \varphi_n, K$;

рассчитанные: $Ц_p^{сут}(t_{оп}^3); Э_l^{сут}(t_{оп}^3); П(t_{оп}^3); П_{опт}(t_{оп}^3^{опт})$ – наибольшее значение прибыли (первой разности по способу) в качестве значения наивысшей прибыли и соответствующий ему сигнал сформированной величины ощущаемой температуры помещения $t_{оп}^3^{опт}$; $П_c(t_{оп}^{норм} = t_{оп}^{макс продукт})$ – нормативная прибыль (второе значение этой разности при нормативном значении ощущаемой температуры технологического режима наивысшей продуктивности поголовья по формуле способа); $\Delta П(t_{оп}^3, t_{оп}^{норм})$ – прирост прибыли (третья разность стоимостей по формуле способа); $\Delta П(t_{оп}^3^{опт}, t_{оп}^{норм})$ – наибольшее (экономически оптимальное) значение прироста прибыли и соответствующий ему сигнал сформированной величины ощущаемой температуры помещения $t_{оп}^3^{опт}$;

– сравнивают полученный сигнал сформированной величины $t_{оп}^3^{опт}$ с измеренным значением $t_{оп}^{изм}$ и по результату сравнения корректируют обогрев птицы, осуществляя режим обогрева по критерию наивысшего прироста прибыли, а не тривиальное и зачастую экономически неоправданное для расположенных севернее предприятий следование установленным в других климатических условиях нормам технологического проектирования. Одновременно с целью информирования персонала о тепловых потерях помещения вычисляют их по (3), (13) ... (18) в зависимости от температуры внутреннего воздуха помещения.

На рис. 1 приведена схема устройства экономически оптимального управления обогревом одновременно производственного помещения и птицы [6].

Вычислительный блок 6 по данным измерений, заданий и формирования искусственной величины $t_{оп}^3$ управляемого параметра тепловых ощущений поголовья $t_{оп}$ рассчитывает целевую функцию оптимизации $\Delta П(t_{оп}^3, t_{оп}^{норм})$ в выбранном диапазоне ($t_{оп}^{3 мин}, t_{оп}^{3 макс}$) по зависимостям (1), (2), (4), (6), (7), (9) ... (12). Блок управления 7 находит экономически оптимальное значение расчетного прироста прибыли $\Delta П(t_{оп}^3^{опт}, t_{оп}^{норм})$ и соответствующее ему значение аргумента функции $t_{оп}^3^{опт}$ и подает его в качестве задающего сигнала на задающий вход регулятора температуры 8. Обеспечивается экономически наилучшее для обогревательной технологии соотношение между получаемой продукцией птицеводства и расходуемым на обогрев энергоносителем любого вида.

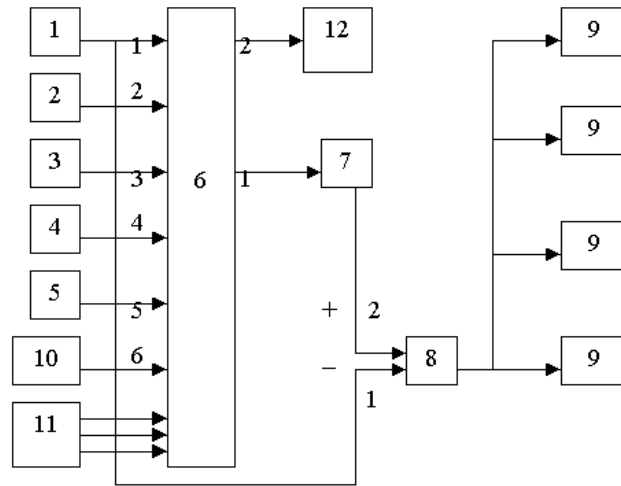


Рис. 1. Устройство экономичного обогрева:

1 - датчик ощущаемой температуры помещения; 2, 3 - датчики температуры наружного воздуха и внутреннего воздуха в помещении; 4, 5 - датчики относительной влажности наружного и внутреннего воздуха; 6 - вычислительный блок; 7 - блок управления; 8 - регулятор температуры; 9 - локальные обогреватели; 10 - датчик концентрации аммиака; 11 - блок задатчиков возраста поголовья, технологически допустимых наименьшего и наибольшего заданных значений ощущаемой температуры, времени опроса, сигнала сформированной величины ощущаемой температуры и констант; 12 - блок индикации стоимости потерь теплоты помещением с птицей

Одновременно вычислительный блок 6 рассчитывает ежесуточные затраты на обогрев производственного помещения по (13) ... (16), (3) и со своего второго выхода подает соответствующий им сигнал на блок индикации 12 для информирования персонала и для дополнительного контроля издержек:

$$Q_{\text{вент}}(t_{\text{в}}^{\text{изм}}) = 0,032T_{\text{ц}}\gamma_{\text{в}}N_{\text{бр}}L\{0,28(t_{\text{в}}^{\text{изм}} - t_{\text{н}}^{\text{изм}}) + 0,68[d_{\text{вн}}(t_{\text{в}}^{\text{изм}}) - d_{\text{н}}(t_{\text{н}}^{\text{изм}})]\}10^{-5}, \quad (13)$$

$$Q_{\text{огр}}(t_{\text{в}}^{\text{изм}}) = \sum_{i=1}^k (F_{\text{огр } i} / R_{0 \text{ огр } i}) \times (t_{\text{в}}^{\text{изм}} - t_{\text{н}}^{\text{изм}}), \quad (14)$$

$$Q_{\text{инф}}(t_{\text{в}}^{\text{изм}}) = G_{\text{инф}}\{0,28(t_{\text{в}}^{\text{изм}} - t_{\text{н}}^{\text{изм}}) + 0,68[d_{\text{вн}}(t_{\text{в}}^{\text{изм}}) - d_{\text{н}}(t_{\text{н}}^{\text{изм}})]\}10^{-3}, \quad (15)$$

$$Q_{\text{пт}}(t_{\text{в}}^{\text{изм}}) = (40 - t_{\text{оп}} + t_{\text{в}}^{\text{норм}} - t_{\text{в}}^{\text{изм}})[0,021 + 0,0012(T_{\text{ц}} - 1)]N_{\text{бр}}, \quad (16)$$

где $\gamma_{\text{в}} \approx 1,17$ г/кг; $L = 70 \dots 100$ м³/ч; $d_{\text{вн}}(t_{\text{в}}^{\text{изм}})$, $d_{\text{н}}(t_{\text{н}}^{\text{изм}})$ – влагосодержание внутреннего и наружного воздуха при его измеряемых внутренней $t_{\text{в}}^{\text{изм}}$ и наружной $t_{\text{н}}^{\text{изм}}$ температурах, г/кг; $d_{\text{вн}}(t_{\text{в}}^3) = \varphi_{\text{вн}} d_{\text{вн}}^{\text{нас}}(t_{\text{в}}^{\text{изм}})/100$; $d_{\text{н}}(t_{\text{н}}) = \varphi_{\text{н}} d_{\text{н}}^{\text{нас}}(t_{\text{н}}^{\text{изм}})/100$. Эти данные в виде таблиц соответствия [7] хранятся в блоке задатчиков 11. В этом же блоке задаются региональные удельные цены на энергоноситель и на конечную продукцию предприятия, количество птицы в помещении и все указанные в тексте коэффициенты в формулах и другие константы.

Используемые заданные, измеряемые и формируемые сигналы несут достаточно точную и полную информацию об управляемом процессе экономичного обогрева бройлеров. Временное запаздывание новой текущей информации о действующих в регионе размещения сельскохозяйственного предприятия ценах на энергоносители, на корм, на мясо бройлеров и т.п. связано с дополнительными издержками производства. Для их исключения разработано устройство [8] и новый способ информационно-

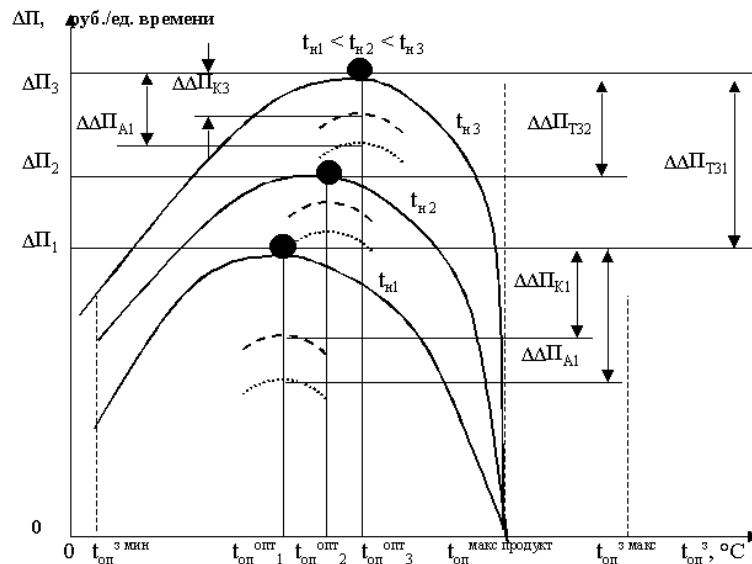


Рис. 2. Иллюстрация технико-экономической эффективности технологии обогрева по критерию прироста прибыли:

$\Delta\Delta П_T$ – изменение наивысшего прироста прибыли при изменении t_n ; $\Delta\Delta П_A$ – изменение наивысшего прироста прибыли при изменении $\phi_{вн}$; $\Delta\Delta П_K$ – изменение наивысшего прироста прибыли при изменении K

коммуникационного управления. Он включает в себя получение информации из компьютерных сетей об удельных ценах на тепловую и электрическую энергию, на природный газ, на корм, на питьевую воду и на продукцию птицеводства. В зависимости от этих удельных цен в реальном времени вычисляют стоимости затрат энергии на общий и на локальный обогрев, стоимость расходуемых кормов и стоимость затрат от расчетных потерь продукции. Полученными производными сигналами изменения стоимостей соответствующих затрат корректируют значение сформированного и вычисленного суммарного сигнала издержек производства, корректируют соответствующий наименьшей суммарной величине их стоимостей сигнал сформированной величины температуры воздуха в помещении и температурный режим общего обогрева помещения.

Целевая функция минимизации суммарной $C(t_b^3)$ себестоимости и расчетных потерь продукции для последующего определения экономически оптимального искусственно сформированного и равного t_b расчетного значения t_b^3 :

$$C(t_b^3) = \mathcal{E}_o(t_b^3) + \mathcal{E}_л(t_b^3) + K_k(t_b^3) + \Delta\Pi_2(t_b^3) + \Gamma(t_b^3) + B(t_b^3) \rightarrow \min, \quad (17)$$

где $\mathcal{E}_o(t_b^3)$ и $\mathcal{E}_л(t_b^3)$, $\Gamma(t_b^3)$ и $B(t_b^3)$ – расчетные стоимости тепловой энергии на общий обогрев помещения во время отопительного периода года, руб./год, и электрической энергии на локальный обогрев, руб./год; $K_k(t_b^3) + \Delta\Pi_2(t_b^3)$ – расчетные стоимости затрат кормов и расчетных потерь продукции, руб./год; $\Gamma(t_b^3)$ и $B(t_b^3)$ – расчетные стоимости газа и воды, руб./год, – в процессе имитационного моделирования навязываются специализированному вычислителю. Все не указанные в (17) остальные составляющие эксплуатационных затрат – на освещение, трудозатраты персонала и т.п. – от t_b при локальном обогреве зависят слабо или вообще не зависят и вычисляются

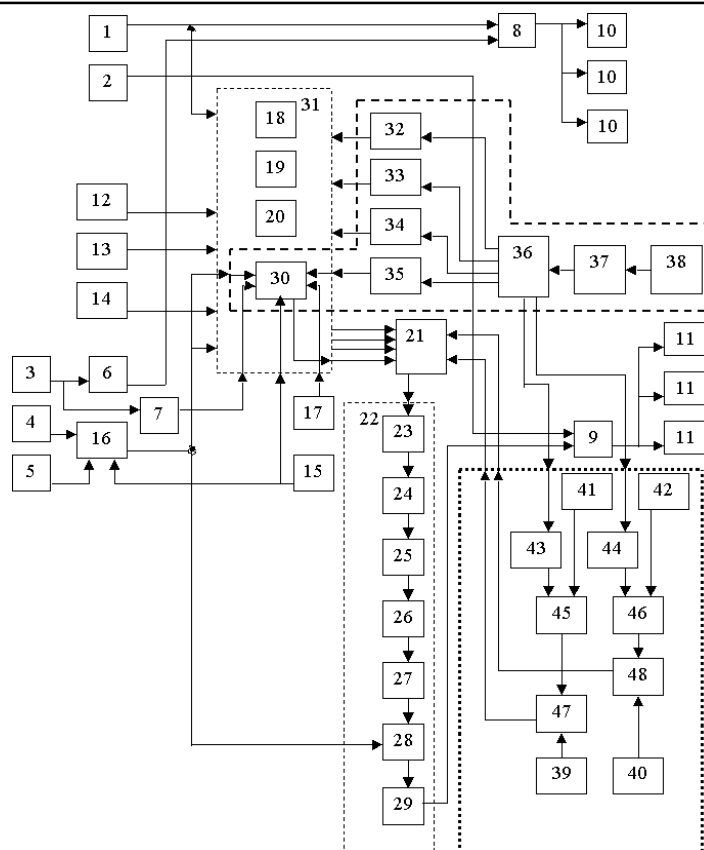


Рис. 3. Устройство информационно-коммуникационного экономически оптимального управления обогревом помещения и молодняка:

1, 2, - датчики ощущаемой температуры в зоне локального обогрева и температуры внутреннего воздуха в помещении; 3, 4 и 5, 6, 7 - задатчики соответственно возраста поголовья, технологически допустимых наименьшей и наибольшей температур воздуха в помещении, заданной величины ощущаемой температуры, нормативной температуры воздуха; 8 и 9 - регуляторы температуры соответственно локального и общего обогрева; 10 - локальные обогреватели; 11 - калориферы; 12, 13 и 14 - датчики соответственно температуры наружного воздуха, относительной влажности внутреннего и наружного воздуха; 15, 16, 17 - задатчики соответственно времени опроса, сигнала сформированной величины температуры воздуха в помещении и констант; 18, 19, 20 - первый, второй и третий вычислительные блоки; 21 - сумматор; 22 - блок управления; 23 - дифференцирующий усилитель; 24 - схема сравнения; 25 - дифференцирующая цепь; 26 - выпрямитель; 27 - ждущий мультивибратор; 28 - управляемый ключ; 29 - элемент памяти; 30 - четвертый вычислительный блок, объединенный вместе с первым, вторым и третьим вычислительными блоками 18, 19 и 20 в блок вычисления 31; 32, 33, 34, 35 - задатчики удельных цен соответственно на тепловую энергию, на электрическую энергию, на продукцию предприятия, на корма; 36 - блок сопряжения и связи; 37 - компьютерные аппаратно и программно ориентированные сетевые средства; 38 - компьютерная сеть; 39, 40 - датчики расхода соответственно газа и воды; 41, 42 - задатчики удельных цен на природный горючий газ и питьевую воду; 43, 44 - формирователи сигналов соответствия данным компьютерных сетей об удельных ценах на газ и на воду; 45, 46 - первая и вторая схемы сравнения; 47, 48 - первая и вторая схемы умножения

по известным и модифицированным зависимостям [5], дополнительно включающим в себя удельные цены на природный газ и на воду.

На рис. 3 приведена схема устройства информационно-коммуникационного экономически оптимального управления обогревом помещения и молодняка. По результатам измерения и задания параметров климата, помещения, микроклимата, обо-

рудования, поголовья блок вычисления 31 формирует $S(t_b^3)$ в диапазоне изменения t_b^3 за цикл опроса $T_{\text{опр}}$ системой автоматизации. Блок управления 22 устанавливает на задающем входе регулятора общего обогрева 9 соответствующее режиму минимальных издержек производства значение $t_{\text{в опт}}^3$. Датчики расхода соответственно газа и воды 39, 40 измеряют потребление биотехнической системой указанных ресурсов. Задатчики сигналов о значениях удельных цен предприятия соответственно на природный газ и питьевую воду 41 и 42 содержат оперативную диспетчерскую информацию о ценах на эти ресурсы, вводимую при необходимости управленцем-экспертом на основании анализа предыдущего состояния рынка. В формирователях сигналов соответствия данным информационно-коммуникационных компьютерных сетей об удельных ценах на газ и на воду 43 и 44 содержится текущая рыночная информация. Первая и вторая схемы сравнения 45 и 46 сравнивают сигналы соответствия диспетчерским и сетевым данным о рыночных ценах и вырабатывают получившиеся в данный момент времени сигналы о ценовых рассогласованиях.

Остается получить значения изменений указанных текущих во времени издержек производства, что осуществляется перемножением сигналов рассогласования на соответствующие измеренные датчиками расхода газа и воды 39 и 40 сигналы расходов ресурсов в первой и второй схемах умножения 47 и 48. Полученные на их выходах сигналы при суммировании в сумматоре 21 обеспечивают коррекцию выходного сигнала блока управления 22 и режима работы регулятора общего обогрева 9. В результате в производственном помещении устанавливается другой режим общего обогрева, режим экономии издержек производства.

Таким образом, в полной мере обеспечивается экономическая оптимизация обогрева птицы, поскольку изменяющиеся во времени экономические характеристики технологического процесса и рынка того или другого иерархического уровня немедленно учитываются в виде электрических сигналов посредством автоматизированного использования возможностей компьютерных сетей.

Литература

1. Мусин А.М. Методы технико-экономической оценки биотехнических систем животноводства. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2005. – 80 с.
2. Грабауров В.А. Задача оптимизации микроклимата в промышленных птичниках с учетом расхода энергии на отопление. (Рукопись представлена Ростовским институтом сельскохозяйственного машиностроения). Деп. во ВНИИТЭИСХ. №537 ВС – 85 Деп. – 17 с.
3. Грабауров В.А. Идентификация класса и структуры статической математической модели биологического объекта биотехнической системы в промышленном птичнике. (Рукопись представлена Ростовским институтом сельскохозяйственного машиностроения). Деп. во ВНИИТЭИСХ. №469 – 84 Деп. – 6 с.
4. Грабауров В.А., Савченко Е.И. Исследование математической модели биологического объекта биотехнической системы. (Рукопись представлена Ростовским институтом сельскохозяйственного машиностроения). Деп. во ВНИИТЭИСХ. №59 ВС – 87 Деп. – 6 с.
5. Патент РФ №2229155. Способ и устройство экономичного общего обогрева животноводческого помещения и локального обогрева сельскохозяйственных животных /А.В. Дубровин, В.Р. Краусп // БИ. 2004. №14.
6. Патент РФ №2297761. Способ экономичного обогрева сельскохозяйственных животных или птицы и устройство для его осуществления /А.В. Дубровин, В.Р. Краусп, В.В. Борисов // БИ. 2007. №12.
7. Славин Р.М. Научные основы автоматизации производства в животноводстве и птицеводстве. – М.: Колос, 1974. - 464 с.
8. Патент РФ №2295237. Устройство инфокоммуникационного управления экономичными обогревательными технологиями в животноводстве и птицеводстве /А.В. Дубровин, В.Р. Краусп, В.В. Борисов // БИ. 2007. №8.

ОБОБЩЁННОЕ УРАВНЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ АТМОСФЕРНОЙ МАССЫ НА ПУТИ ЛУЧЕЙ СОЛНЦА, ПАДАЮЩИХ НА ПОВЕРХНОСТЬ ЗЕМЛИ ПОД РАЗЛИЧНЫМИ УГЛАМИ

Канд. техн. наук Б.А. Никитин, В.А. Гусаров
(ГНУ ВИЭСХ)

Оценка величины атмосферной массы на пути лучей Солнца до поверхности солнечной батареи или фотоэлектрического преобразователя является весьма актуальной задачей. Знание этой величины при измерении характеристик фотопреобразующих устройств позволит сопоставить её с интенсивностью солнечного сияния (с удельной мощностью солнечного светового потока) и тем самым повысить точность проводимых измерений.

Проходя сквозь слои атмосферного воздуха, удельная мощность светового потока ослабевает. Степень ослабления связана с величиной массы воздуха на пути светового потока. Представляется целесообразным воспользоваться барометрической моделью оценки атмосферной массы.

В общем виде оценка этой массы определяется выражением:

$$AM = [S] \int_0^{\infty} \rho_{(H)} \cdot dL, \quad (1)$$

где $\rho_{(H)}$ – плотность воздуха на высоте H ; dL – приращение длины трека светового потока; $[S] = 1 \text{ м}^2$ – единичная площадь сечения трека.

Известно, что плотность воздуха ρ связана с высотой H таким образом, что при увеличении высоты над поверхностью Земли на 5,5 км давление атмосферного воздуха, а стало быть, и его плотность, уменьшается в два раза [1]. Отсюда следует, что плотность воздуха определится

$$\rho_{(H)} = \rho_0 \cdot 2^{-\frac{H}{5,5 \text{ км}}} = \rho_0 \cdot e^{-\frac{H \ln 2}{5,5 \text{ км}}} = \rho_0 \cdot e^{-\frac{H}{8 \text{ км}}}, \quad (2)$$

где ρ_0 – плотность воздуха на уровне моря;

$$8 \text{ км} = \frac{5,5 \text{ км}}{\ln 2} \text{ расчётная высота, снижающая плотность в } e \text{ раз.} \quad (3)$$

На первом этапе оценим величины атмосферных масс для крайних положений солнца, т.е. для Солнца в зените и для Солнца на горизонте.

Для положения Солнца в зените, т.е. когда приращение длины трека солнечных лучей совпадает с приращением высоты (при $dL = dH$) (рис. 1), атмосферная масса, именуемая как $AM1$, определится:

$$AM1 = [S] \cdot \rho_0 \cdot \int_0^{\infty} e^{-\frac{H}{8}} dH = [S] \cdot \rho_0 \cdot 8 \text{ км}, \quad (4)$$

где 8 км – линейный эквивалент атмосферной массы на пути лучей Солнца, находящегося в зените.

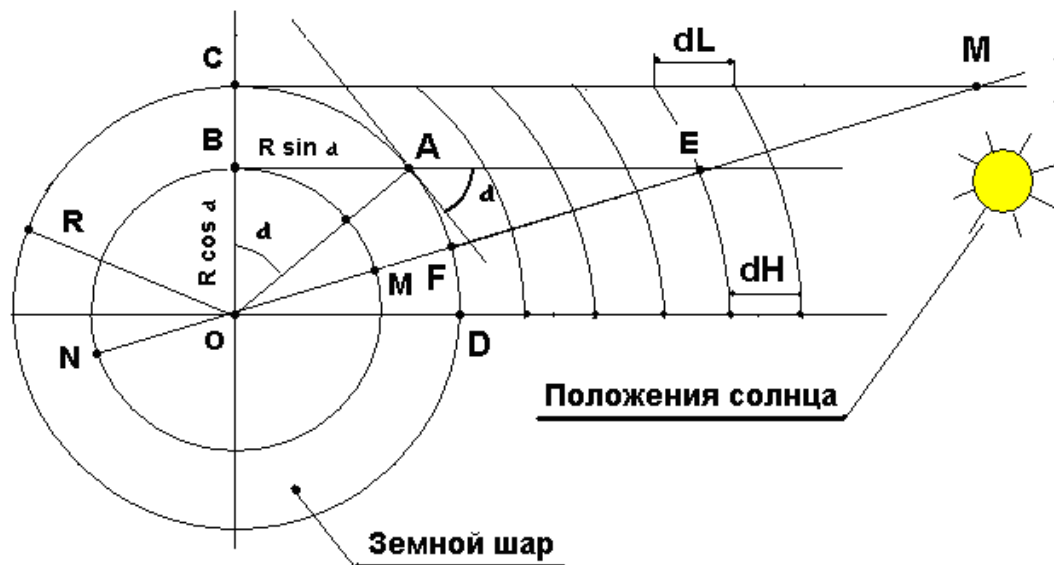


Рис. 1. Схематическое изображение траекторий солнечных лучей в зависимости от высоты солнца над горизонтом:

- α – угол высоты Солнца над горизонтом с широтой местности в точке A;
- R – радиус земного шара;
- Точка C – Солнце на горизонте $\alpha = 0$, атмосферная масса максимальна;
- Точка D – Солнце в зените $\alpha = 90^\circ$, атмосферная масса минимальна (AM 1);
- Точка E – точка на траектории солнечных лучей, поступающих на земную поверхность под произвольным углом $0 \leq \alpha \leq 90^\circ$;
- dH – приращение высоты в атмосфере Земли;
- dL – приращение длины траектории лучей Солнца

Как показано на рис. 1, для лучей Солнца на восходе или закате траектория светового потока будет касательной к поверхности Земли, а приращение длины трека солнечных лучей будет заметно отличаться от приращения высоты. Текущая длина касательной $L_{\text{кас}}$ от поверхности Земли до некоторой точки M на высоте H определяется геометрической теоремой о касательной и секущими, проведёнными из некоторой точки к окружности:

$$L_{\text{кас}} = \sqrt{H(H + 2R_3)}, \quad (5)$$

где $R_3 \approx 6400$ км – радиус Земли.

Искомая величина атмосферной массы на пути светового потока восходящего Солнца определится:

$$AM_{\text{max}} = [S] \cdot \rho_0 \int_0^\infty e^{-\frac{H}{8}} \left(\sqrt{H} \sqrt{H + 2R_3} \right)' dH. \quad (6)$$

Интеграл берётся сначала по частям, распадаясь на два слагаемых, при этом прединтегральный коэффициент как константу временно опустим:

$$\int_0^\infty e^{-\frac{H}{8}} \left(\sqrt{H} \sqrt{H + 2R_3} \right)' \cdot dH = \left[e^{-\frac{H}{8}} \sqrt{H} \sqrt{H + 2R_3} \right]_0^\infty + \int_0^\infty e^{-\frac{H}{8}} \sqrt{H} \sqrt{H + 2R_3} \cdot d\left(\frac{H}{8}\right). \quad (7)$$

Первое слагаемое при подстановке обозначенных пределов обращается в нуль, а второе трансформируется в Гамма-функцию:

$$\int_0^{\infty} e^{-\frac{H}{8}} \sqrt{H} \sqrt{H+2Rz} \cdot d\left(\frac{H}{8}\right) = 8 \int_0^{\infty} e^{-\frac{H}{8}} \sqrt{\frac{H}{8}} \sqrt{\frac{H}{8} + 2\frac{Rz}{8}} \cdot d\left(\frac{H}{8}\right). \quad (8)$$

Следует иметь в виду, что основная масса воздуха сосредоточена вблизи земной поверхности, где оцениваемая высота H много меньше радиуса Земли. Поэтому, сделав соответствующую подстановку, получим:

$$\sqrt{\frac{H}{8}} = x, \quad \frac{R}{8} = z, \quad \text{а } \sqrt{x+2z} \approx \sqrt{2z}; \quad (9)$$

$$8 \int_0^{\infty} e^{-\frac{H}{8}} \sqrt{\frac{H}{8}} \sqrt{\frac{H}{8} + 2\frac{Rz}{8}} \cdot d\left(\frac{H}{8}\right) = 8\sqrt{2z} \int_0^{\infty} e^{-x} x^{\frac{3}{2}-1} dx. \quad (10)$$

Полученное выражение без прединтегрального коэффициента есть ни что иное, как Гамма-функция с параметром $p=3/2$:

$$\int_0^{\infty} e^{-x} x^{\frac{3}{2}-1} dx = \Gamma\left(\frac{3}{2}\right) = \frac{1}{2} \Gamma\left(\frac{1}{2}\right) = \frac{\sqrt{\pi}}{2}. \quad (11)$$

Таким образом, искомая величина атмосферной массы на пути лучей восходящего или заходящего Солнца определится:

$$AM_{\max} = [S] \cdot \rho_o \cdot 8\sqrt{2z} \cdot \frac{\sqrt{\pi}}{2} = [S] \cdot \rho_o \cdot (283\text{км}). \quad (12)$$

Линейный эквивалент атмосферной массы для лучей Солнца вблизи горизонта составляет 283 км, что превышает величину AM_1 в 35,4 раза.

Теперь оценим величины атмосферных масс для лучей Солнца, находящегося под произвольным углом относительно горизонта. Схема траекторий солнечных лучей, падающих на земную поверхность, показана на рис. 1.

При подходе к земной поверхности солнечных лучей для данных случаев траекторию этих лучей можно считать касательной к новой сфере, несколько меньшей, чем сфера земной поверхности. Радиус новой сферы определится:

$$R_{\text{сф}} = R_3 \cdot \cos \alpha. \quad (13)$$

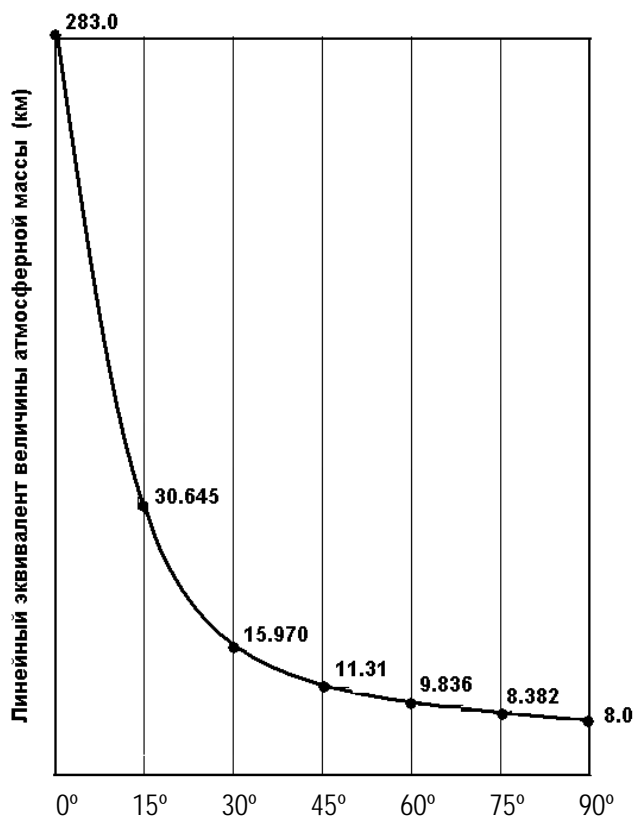
Нетрудно видеть, что при угловой высоте Солнца над горизонтом, равной нулю, радиус новой сферы совпадает с радиусом Земли, а при высоте Солнца над горизонтом в 90° радиус новой сферы обращается в нуль.

Длина касательной из текущей точки E к этой новой сфере определится:

$$L_{\text{кка}}(E) = BE = R_3 \cdot \sin \alpha + L_{\text{ввоз}}. \quad (14)$$

Секущая EN , проведённая из точки E к этой сфере и проходящая через её центр O , определится:

Рис. 2. Зависимость атмосферной массы по пути лучей Солнца от угла высоты его над горизонтом Земли



$$L_{\text{сек}} = EN = 2R \cos \alpha + R_3(1 - \cos \alpha) + H, \quad (15)$$

где H – высота точки E над поверхностью Земли.

В наших расчётах высота H выступает как аргумент, т.е. независимая переменная, обуславливающая (определяющая) плотность воздуха $\rho_{(H)}$:

$$\rho_{(H)} = \rho_0 e^{-\frac{H}{8}}. \quad (16)$$

Согласно геометрической теореме квадрат касательной равен произведению любой секущей на её внешнюю часть. Поэтому имеем:

$$L_{\text{кас}}^2 = [2R \cos \alpha + R_3(1 - \cos \alpha) + H] \cdot [H + R_3(1 - \cos \alpha)]; \quad (17)$$

$$L_{\text{кас}} = \sqrt{2R_3 \cos \alpha + R_3 - R_3 \cos \alpha + H} \cdot \sqrt{R_3 - R_3 \cos \alpha + H}. \quad (18)$$

Атмосферная масса воздуха по всей траектории лучей Солнца определяется интегралом произведения плотности воздуха на приращение длины траектории:

$$AM_{\alpha} = [S] \int_0^{\infty} \rho_0 e^{-\frac{H}{8}} dL_{\text{кас}}. \quad (19)$$

Приращение длины светового трека определится:

$$dL_{\text{кас}} = \left[\sqrt{H + R_3 + R_3 \cos \alpha} \cdot \sqrt{H + R_3 - R_3 \cos \alpha} \right] dH, \quad (20)$$

или, упростив:

$$dL_{\text{кас}} = \left[\sqrt{(H + R_3)^2 - (R_3 \cos \alpha)^2} \right] dH. \quad (21)$$

Подставив полученное в выражение (19), получим:

$$AM_{\alpha} = [S] \cdot \rho_0 \int_0^{\infty} e^{-\frac{H}{8}} \left[\sqrt{(H + R_3)^2 - (R_3 \cos \alpha)^2} \right] dH. \quad (22)$$

Нетрудно видеть, что полученное обобщённое уравнение (22) трансформируется в выражение (4) при $\alpha = \pi/2$ и в выражении (6) при $\alpha = 0$.

Получившийся интеграл есть ни что иное, как Гамма-функция [2] (Интеграл Эйлера 2^{го} рода с параметром $\rho = \frac{3}{2}$).

Промежуточные значения атмосферных масс могут быть вычислены согласно общему уравнению для любого значения угла α в пределах от 0^0 до 90^0 .

На рис. 2 представлена расчётная зависимость величины атмосферной массы от угловой высоты Солнца относительно горизонта. Полученная зависимость позволяет адекватно оценивать величину атмосферной массы при проведении замеров характеристик солнечных батарей и отдельных фотоэлектрических преобразователей в натуральных условиях. Заданная высота Солнца над горизонтом однозначно оценит величину атмосферной массы в данный момент времени измерений и позволит повысить достоверность проводимых измерений путём устранения неопределённости в оценке удельной мощности светового потока, падающего на рабочую поверхность фотообразующих устройств.

Литература

1. Енохович А.С. Справочник по физике и технике. М.: Просвещение, 1989. С. 49, табл. 48.
 2. Гусак А.А., Гусак Г.М., Бричикова Е.А. Справочник по высшей математике. Минск: «Тетросистема», 2001. С. 290–292.
-

НОРМАТИВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ СЕЛЬСКИХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ СРЕДНЕГО НАПРЯЖЕНИЯ

Канд. техн. наук Г.А. Эбина
(ГНУ ВИЭСХ)

Нормативные показатели надежности электрических сетей среднего напряжения предназначены для проектных и эксплуатационных организаций.

Нормативные показатели надежности служат ориентиром при выборе схем электроснабжения новых потребителей электроэнергии, а также являются обоснованием мероприятий, связанных с повышением надежности электроснабжения существующих потребителей.

Нормативные показатели надежности сети среднего напряжения введены в действие Руководящими материалами по проектированию [1, 2] соответственно в 1974 и 1986 гг. и в настоящее время не используются. Нормативы [1, 2] не привязаны к схемам электроснабжения. В качестве норматива надежности в [1] установлена эквивалентная длительность аварийных отключений на шинах высшего напряжения ТП, равная 15 ч в год (без разбивки на частоту и продолжительность одного отключения). Показатель относится к потребителям второй категории по надежности электроснабжения. Документ [1] не отвечает современным требованиям и утратил силу. Спустя 12 лет, для потребителей категорий II*, II и III нормированы частота и длительность аварийных отключений. Нормативы надежности 1986 года не нашли одобрения в практике эксплуатации и при проектировании, так как не имели серьезного обоснования.

Задача обоснования нормативных показателей надежности сети среднего напряжения решена нами.

Нормативные показатели электрических сетей среднего напряжения, представленные ниже, являются одним из выходов фундаментального исследования по разработке методов расчета надежности с учетом неполной информации. Нормативные показатели впервые обоснованы схемными решениями. В общем случае эффективность разработки выше или равна эффективности других методов нормирования надежности, так как снята исходная неопределенность и достигнут детерминированный уровень знания.

Если действительные показатели надежности хуже нормативных (выше, больше), то необходима реконструкция электрической сети среднего напряжения. Реконструкция связана с дополнительными первоначальными затратами (капиталовложениями) и приводит к снижению ущерба от перерывов подачи электроэнергии.

Реконструкции подлежат линии среднего напряжения и ТП с одним трансформатором. Расчеты подтверждают, что двухтрансформаторные подстанции с высшим напряжением 110-35 кВ обеспечивают высокую надежность. Однотрансформаторные РТП 110-35/10(6) кВ в настоящее время не используются. Таким образом, к основным стратегиям повышения надежности электрических сетей среднего напряжения следует отнести установку второго трансформатора на ТП, сокращение радиуса ЛЭП, ав-

томатическое и ручное секционирование ВЛ, сетевое резервирование от независимого источника или автономное резервирование.

Оптимальной стратегии реконструкции соответствует минимум показателя эффективности с учетом технических ограничений по качеству электроэнергии. Показатель эффективности равен сумме затрат Z на повышение надежности и снижения ущерба Y от перерывов подачи электроэнергии, т.е.

$$Z + Y \rightarrow \min. \quad (1)$$

Сокращение радиуса ЛЭП по надежности можно считать эквивалентным секционированию электрической сети при использовании секционного выключателя селективного действия или высоковольтного разъединителя.

Сетевое резервирование реализуется, как правило, через короткую перемычку между линиями, отходящими от разных питающих подстанций (РТП) или разных секций шин одной двухтрансформаторной РТП, снабженных устройствами автоматического или ручного ввода резерва (соответственно АВР или РВР). Автономное резервирование целесообразно осуществлять на базе стационарной дизельной или бензиновой электростанции.

Наряду с реконструкцией для повышения надежности электроснабжения необходимо повышать конструктивную надежность элементов, качество эксплуатации сетей, а также своевременно заменять устаревшие элементы на новые до их износа. При этом целесообразно руководствоваться сроками, указанными в [3].

Нормативные показатели надежности электрических сетей среднего напряжения, приведенные в статье, получены на основании результатов расчета специально разработанным нами инженерным методом. Метод применим при простейших потоках отказов и восстановления электрооборудования (стационарных пуассоновских). Метод основан на расчете интервалов изменения показателей надежности схем электроснабжения по показателям отдельных элементов. Метод предполагает использование диаграмм надежности и интервальный учет неопределенности исходной информации о моменте отключения, частоте и длительности аварийных перерывов. В расчеты входят показатели надежности следующих элементов: энергосистемы, типовых и нетиповых схем электрических соединений трансформаторных подстанций, воздушных и кабельных линий электропередачи. Основная и резервная ЛЭП моделированы суммарной длиной несекционированных ответвлений. Длина линий может изменяться в широких пределах.

Каждой схеме электрических соединений соответствует своя диаграмма надежности. Исходная диаграмма строится логико-аналитическим методом и заменяется эквивалентной путем последовательно-параллельных преобразований. Для снятия неопределенности использована дополнительная информация. Источниками дополнительной информации служили статистические данные об аварийных отключениях в сетях и имитационное моделирование на ПК.

По интервалам надежности могут быть найдены соответствующие пределы изменения ущербов от перерывов подачи электроэнергии, затраты на сеть, выбраны средства и способы повышения надежности с использованием минимаксных критериев, а также метода районирования множества векторов состояния природы.

Нормативные показатели надежности относятся к зоне стационарности. Для основных элементов сети граница зоны стационарности определена нами в [3]. За пределами зоны стационарности следует учитывать старение электрооборудования.

Нормируются три показателя: частота вынужденных отключений ω , равная параметру потока отказов λ , средняя длительность вынужденных перерывов τ_v и эквивалентная продолжительность аварийных отключений в течение года T_n , т.е.

$$\omega = \lambda(t) = \text{const}, \quad (2)$$

$$T_n = \omega \tau_v \dots \quad (3)$$

Параметр потока отказов и средняя длительность вынужденных отключений соответствуют терминам и определениям ГОСТ [5]. Эквивалентная длительность аварийных отключений служила нормативным показателем ранее [1].

Полученные нами нормативные показатели надежности приведены в табл. 1, где приняты следующие обозначения: СН – среднее напряжение; НН – низшее напряжение; Т – силовой трансформатор. Надежность сети среднего напряжения фиксирована на шинах высшего напряжения ТП. На шинах низшего напряжения ТП учтена дополнительно надежность силовых трансформаторов.

Таблица 1. Нормативные показатели надежности сети

Характеристика объекта	ω , 1/год	τ_v , ч	T_n , ч/год
Сеть СН без резерва	1,4...1,8	4...6	6...12
Сеть СН с резервом	0,2...0,3	4...8	1...3
Шины НН ТП с 2 Т без резерва по ВЛ СН	1,6...2,2	4...6	6...14
Шины НН ТП с 2 Т и резервом по ВЛ СН	0,4...0,7	4...8	2...6

На шинах высшего напряжения ТП следует принять эквивалентную длительность отключений, т.е. нормативный показатель надежности сети среднего напряжения, $T_n \leq 12$ ч/год. Такая надежность обеспечена схемой с двумя трансформаторами на РТП, а также нерезервированной ВЛ длиной не более 10 км. При этом возможны отказы с частотой порядка 1,4...1,8 1/год и длительностью перерывов 4...6 ч. Нормативный показатель надежности $T_n \leq 12$ ч/год следует рассматривать как макроэкономический показатель в энергетике, свидетельствующий о том, что сеть среднего напряжения не нуждается в повышении надежности.

Сеть среднего напряжения с резервом по ВЛ 10(6) кВ обеспечивает частоту отказов 0,2...0,3 1/год при длительности перерыва 4...8 ч и гарантирует эквивалентную продолжительность отключений $T \leq 3$ ч/год даже при длине резервной линии 40 км.

На шинах низшего напряжения ТП с двумя трансформаторами во всех случаях обеспечена высокая надежность. В соответствии с данными таблицы следует ожидать до 14 ч вынужденных отключений в год при реализации схемы без резерва по ВЛ среднего напряжения и не более 6 ч в год при наличии сетевого резервирования.

В пределах нормативных показателей надежности ущерб от перерывов подачи электроэнергии мал или не значителен. Например, при смешанной нагрузке и стоимости недоотпущенной электроэнергии в сетях среднего напряжения порядка 10 руб./кВт·ч ущерб не превышает 120 руб. в год на 1 кВт.

Выполненное нами количественное нормирование надежности сети среднего напряжения не противоречит качественному определению категорий электроприемников по надежности электроснабжения, приведенному в Правилах устройства элек-

троустановок [6]. Указанные в табл. 1 показатели надежности сети среднего напряжения соответствуют категориям электроприемников II* и II.

С надежностью электроснабжения связано качество электроэнергии. В нормальном режиме функционирования электрической сети среднего напряжения с нормативным показателем $T_n \leq 12$ ч/год, как правило, обеспечены отклонения напряжения у электроприемников в пределах ГОСТ [7], т.е. $\pm 5\%$. В установившемся послеаварийном режиме работы сети допустимы дополнительные потери напряжения, однако при этом отклонения напряжения укладываются в интервал максимальных значений и не превышают $\pm 10\%$.

Внедрение новых технологий, совершенствование конструкций и материалов, улучшение условий эксплуатации сетей позволят снизить нормативные показатели, т.е. в большей мере удовлетворить требования, предъявляемые потребителями электроэнергии к энергосистеме. Расчеты целесообразно выполнить по тем же схемам и алгоритму. Таким образом, нормативные показатели надежности зависят от времени и подлежат периодически пересмотру. При разработке новых нормативов следует использовать предложенный нами расчетный метод, преимущества которого состоят в учете неполной исходной информации и привязке результата к схемам сетей среднего напряжения.

Выводы

1. Ввиду неполноты (неопределенности) исходной информации об отключениях сельских распределительных электрических сетей нормативные показатели надежности электроснабжения необходимо оценивать интервалами возможных значений.

2. Нормативный показатель надежности сети среднего напряжения составляет $T_n \leq 12$ ч/год. Такая надежность обеспечена схемой с двумя трансформаторами на РТП, а также нерезервированной ВЛ длиной не более 10 км. При этом возможны отказы с частотой 1,4...1,8 1/год и длительностью перерывов 4...6 ч. Норматив $T_n \leq 12$ ч/год следует рассматривать как макроэкономический показатель в энергетике, при достижении которого сеть среднего напряжения не нуждается в повышении надежности.

3. Сеть среднего напряжения с резервом по ВЛ 10(6) кВ обеспечивает частоту отказов 0,2...0,3 1/год при длительности перерыва 4...8 ч и гарантирует эквивалентную продолжительность отключений $T \leq 3$ ч/год.

4. Нормативные показатели надежности зависят от времени и подлежат периодически пересмотру. При разработке новых нормативов следует использовать предложенный нами расчетный метод, преимущества которого состоят в учете неполной исходной информации и привязке результата к схемам сетей среднего напряжения.

Литература

1. Руководящие материалы по проектированию электроснабжения сельского хозяйства. М.: Сельэнергопроект, 1974. Вып. 12. С. 6.
2. Руководящие материалы по проектированию электроснабжения сельского хозяйства. М.: Сельэнергопроект, 1986. Сентябрь. С. 6 – 7.
3. Эбина Г.Л. Учет старения элементов сельских электрических сетей в расчетах надежности // Техника в сельском хозяйстве. 1999. С. 19 – 21.
4. Эбина Г.Л. Показатели надежности сельского электроснабжения // Вестник ГНУ ВИЭСХ. Вып. 1(2)/2006. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2006. С. 17 – 24.
5. ГОСТ 27.002 – 89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. М.: Издательство стандартов, 1990. – 37 с.
6. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). М.: Энергоатомиздат, 1985. С. 14 – 16.
7. ГОСТ 13109-99. Межгосударственный стандарт. Электрическая энергия. Требования к качеству электрической энергии в электрических сетях общего назначения. 2000.

АНАЛИЗ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ СТАЦИОНАРНЫХ U-ОБРАЗНОГО И ДРУГИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ КОНЦЕНТРАТОРОВ СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Канд. техн. наук В.А. Майоров, канд. техн. наук Э.В. Тверьянович,
канд. хим. наук А.Н. Лукашик (ГНУ ВИЭСХ)

Стационарные концентраторы солнечного излучения не требуют слежения за положением Солнца, что является их несомненным преимуществом. Со времени разработки В.К. Барановым первых стационарных концентраторов [1] – фоклинов – появилось много стационарных концентраторов различного типа, в том числе призматических, люминесцентных и т.д. В данной статье рассматриваются U-образные и другие параболоцилиндрические стационарные концентраторы, которые в последнее время интенсивно изучаются в ВИЭСХе [2].

В настоящей статье выведены аналитические выражения, комплексно учитывающие работу концентраторов в зависимости от изменения широты местности, угла наклона миделя к горизонту, оптимизацию параметрического угла профиля концентратора по времени работы в году.

Рассмотрим U-образный параболоцилиндрический концентратор (рис. 1), формула параболы исходного профиля которого соответствует выражению: $x^2 = 4d(y + d)$, где $f = d$ – фокусное расстояние.

При построении U-образного концентратора исходные ветви параболы поворачиваются вокруг точки фокуса F на параметрический угол γ , можно записать выражение:

$$y \frac{\cos 2\gamma}{\cos \gamma} = \frac{x^2}{d} \cos^2 \gamma - d. \quad (1)$$

Уравнение крайнего луча при параметрическом угле γ , проходящего через край приёмника излучения d и край параболы при значении $x = D/2$, $y = H$, можно записать:

$$x = y \operatorname{tg} \gamma. \quad (2)$$

АОВ, разрывается в точке О и разворачивается на углы γ вокруг точки F, участок $O'O''$ – дуга с радиусом $d = f$ (рис. 1).

Решая систему уравнений (1) – (2) и учитывая, что концентрация излучения $K = D/d$, находим концентрацию для U-образного концентратора:

$$K = \frac{2}{\cos \gamma} \left[\frac{1}{\operatorname{tg} 2\gamma} + \left(\frac{1}{\operatorname{tg}^2 2\gamma} + 1 \right)^{0,5} \right]. \quad (3)$$

Преобразуя выражение (3) через $\sin \gamma$ и $\cos \gamma$, получаем конечное выражение концентрации:

$$K = 2 / \sin \gamma. \quad (4)$$

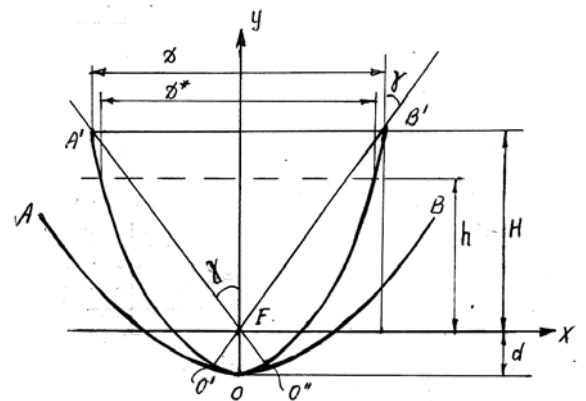


Рис. 1. Схема формирования U-образного концентратора: исходная парабола

Таким образом, для стационарных параболоцилиндрических U-образных концентраторов используется формула (4), а для фоклинов по В.К. Баранову используется известная формула $K = 1/\sin \gamma$, что доказывает, что U-образные концентраторы при том же параметрическом угле имеют концентрацию в 2 раза бóльшую.

Для «усечённого» U-образного концентратора с высотой профиля h и шириной миделя D^* (рис. 1), исходя из выражений (1) и (2) определяем концентрацию K^* :

$$K^* = \frac{2}{\cos \gamma} \left[\frac{h \cos 2\gamma}{d \cos \gamma} + 1 \right]^{0,5}, \quad (5)$$

принимая во внимание, что $K^* = D^*/d$.

Стационарные концентраторы в силу своей специфики (2) работают неполный световой день, при этом время работы зависит от параметрического угла, времени года, широты местности, угла наклона миделя к горизонту. Для определения времени работы τ_K , которое пропорционально часовому углу ω_K в пределах работы концентратора, т.е. пришедшее на мидель излучение достигнет приёмника, воспользуемся формулой:

$$\tau_K = \frac{\arccos \omega_K}{a}, \quad (6)$$

где a – часовая скорость движения Солнца (15° / час).

При этом показано, что ω_K можно определить по формуле:

$$\cos \omega_K = \frac{\operatorname{tg} \delta}{\operatorname{tg}(\gamma + \Delta s)}. \quad (7)$$

Когда угол наклона миделя к горизонту s равен географической широте местности φ ($\Delta s = 0$) и параметрический угол $\gamma = \delta$, то $\cos \omega_K = 1$, $\omega_K = 0$, т.е. концентратор не работает.

Выражение (7) при значении $\Delta s = 0$ принимает вид:

$$\cos \omega_K = \frac{\operatorname{tg} \delta}{\operatorname{tg} \gamma}. \quad (8)$$

На рис. 2 представлены согласно формуле (8) расчётные значения времени работы U-образного концентратора в течение года при разных углах γ и для широты Москвы ($\varphi = 57^\circ$ с. ш.).

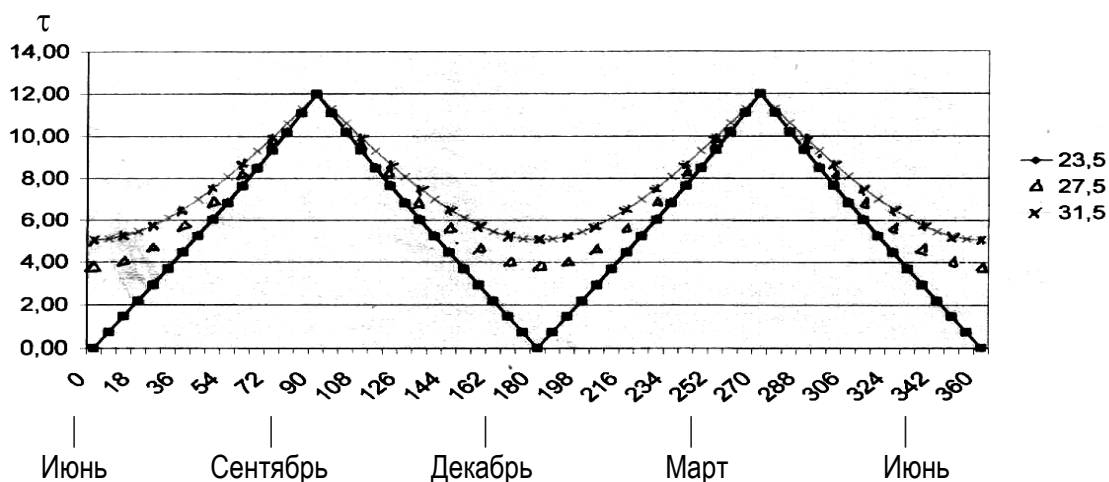


Рис. 2. Время работы U-образного концентратора в году в зависимости от параметрических углов γ

Из формул (6) – (8) и рис. 2 видно, что с увеличением параметрического угла γ время работы концентратора увеличивается, однако согласно формуле (4) концентрация уменьшается. Определим оптимум времени работы (выработки энергии) концентратором в функции угла γ .

Текущую выработку энергии концентратором запишем, как

$$W_T = E_0 \tau_K F \eta, \quad (9)$$

где E_0 – плотность излучения ($Вт/м^2$); F – площадь миделя (м); η – оптический КПД концентратора.

Максимальная выработка энергии, пришедшей на концентратор, будет выполняться при условии, что всё излучение, пришедшее на мидель, будет полезно переработано, т.е. $K=1$.

$$W_{MAX} = E_0 \tau_{MAX} F \eta. \quad (10)$$

Эффективность работы концентратора можно оценить коэффициентом ξ :

$$\xi = \frac{W_T}{W_{MAX}} = \frac{\tau_K}{\tau_{MAX}} K. \quad (11)$$

Из (6) – (7) следует, что максимальная выработка определяется при угле склонения $\delta=0$, отсюда $\cos \omega_K = 0$ и $\omega_K = 90^\circ$, максимальное время работы концентратора равно

$$\tau_{MAX} = 2 \frac{90^\circ}{15^\circ} = 12 \text{ ч.}$$

Текущее значение выработки энергии может быть определено по (6) – (7) интегрированием $\cos \omega_K$ по склонению δ в пределах от $\omega_{K \text{ мин}}$ до $\omega_{K \text{ макс}}$, формула (11) коэффициента эффективности примет вид:

$$\xi = \frac{\int t_k d\delta}{\tau_{MAX}} * K, \quad (12)$$

Расчётные значения коэффициента эффективности ξ U-образных концентраторов с различными параметрическими углами представлены на рис. 3. Максимальное значение ξ соответствуют $\gamma = 27,5^\circ$.

Основные геометрические параметры ω -образного концентратора [3]:

$$R = d/2 \left(1 + \frac{1}{\sin \alpha_1} \right); \quad (13)$$

$$H_R = d/2 \left(\frac{1 + \sin \alpha_1}{\text{tg} \alpha_1} \right); \quad (14)$$

$$H/d = 0,5 \left(K \text{tg} \alpha_2 + \frac{1 + \sin \alpha_1}{\text{tg} \alpha_1} \right). \quad (15)$$

Высота расположения приёмника h определяется в соответствии с прямой, проходящей через центр приёмника и точку x_0 :

$$x = (y - h) \text{tg} 2\alpha_1 \quad (16)$$

и соответствует выражению:

$$h = \frac{d(1 + \sin \alpha_1)}{\text{tg} 2\alpha_1}. \quad (17)$$

Из рис. 1 и соотношений (1) – (10) видно, максимальная выработка энергии концентратором будет при $\alpha_a < \alpha_1$ или α_2 , поэтому для ω -образного концентратора целесообразно равенство $\alpha_1 = \alpha_2$. Таким образом, параметрический угол концентратора, обеспечивающий его работу, равен $\alpha = \alpha_1 = \alpha_2$.

Для анализа параметрический угол принимаем

$$\gamma = 0,5(\alpha_1 + \alpha_2). \quad (18)$$

Значение концентрации К имеет вид:

$$K = \cos \alpha_2 \left(1 + \frac{1}{\sin \alpha_1}\right). \quad (19)$$

Время выработки τ_k соответствует формулам часового угла ω_k (6) – (8).

Эффективность работы ξ соответствует формулам (11), (12).

Расчётные значения коэффициента эффективности ξ ω -образных концентраторов с различными параметрическими углами, а также расчётные значения относительного коэффициента эффективности ξ фоклина в зависимости от параметрического угла γ и высоты h представлены на рис. 3.

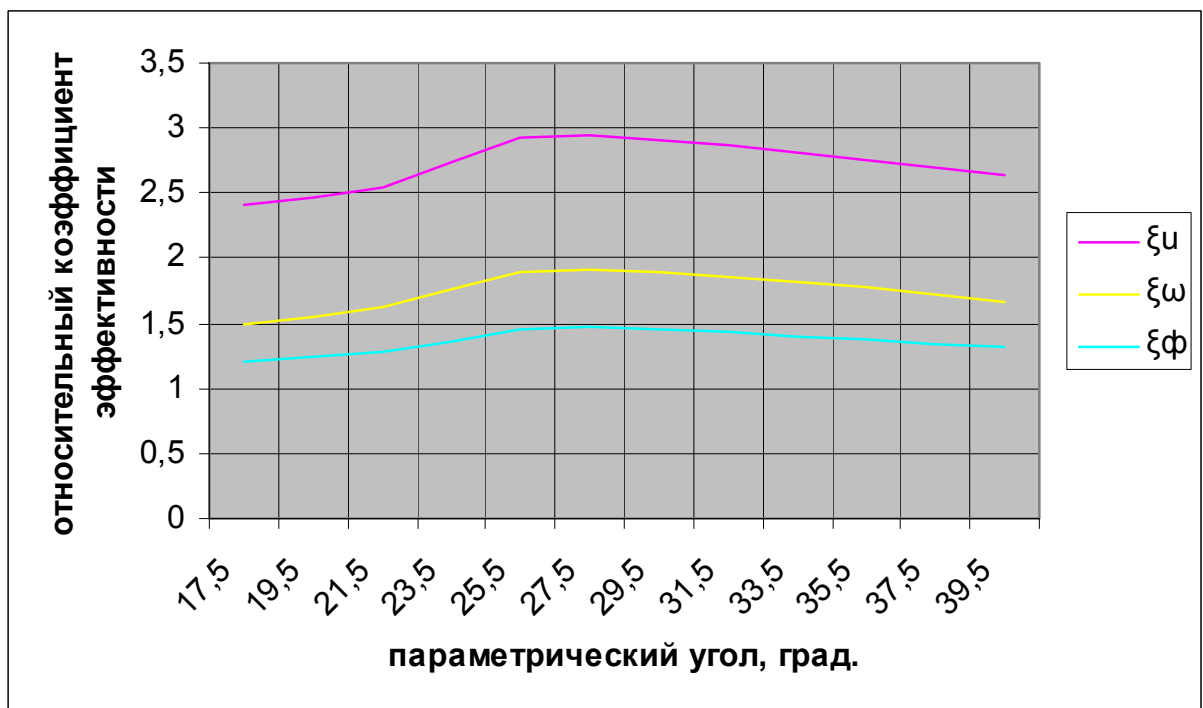


Рис. 3. Коэффициент эффективности как функция параметрического угла концентратора для широты $\varphi = 57$ град.с.ш. и $\Delta s=0$

На основании расчетов согласно вышеприведенным формулам и приведенным на рис. 3 характеристикам видно, что наибольшей эффективностью из вышеперечисленных концентраторов обладает U-образный концентратор.

Выводы

1. Выведена формула концентрации U-образных концентраторов $K = 2/\sin\gamma$, определяющая вдвое бóльшую концентрацию, чем у классических параболоцилиндрических фоклинов.
2. Определена концентрация укороченных по высоте концентраторов.
3. Выведено математическое выражение для расчёта времени работы цилиндрических концентраторов.
4. Определено оптимальное значение параметрического угла для максимального времени работы концентратора в году через предложенный относительный коэффициент эффективности ξ .
5. Проведен сравнительный анализ U-образных, ω -образных и типа фоклин цилиндрических концентраторов через предложенный относительный коэффициент эффективности ξ .

Литература

1. Баранов В.К. Новые концентраторы излучения и перспективы их применения в оптике и гелиотехнике // Труды ГОИ. Том 45, выпуск 179. Л., 1979. С. 57-70.
2. Майоров В.А., Тверьянович Э.В., Лукашик Л.Н. Особенности работы концентраторов без точного слежения за Солнцем // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. Труды 5-й Международной научно-технической конференции. Часть 4. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2006. С. 106-110.
3. Майоров В.А., Стребков Д.С., Тверьянович Э.В. Расчет и выбор оптимальных параметров стационарных ω -образных цилиндрических концентраторов // 7-я Специализированная выставка «Изделия и технологии двойного назначения. Диверсификация ОПК». Сборник научных трудов и инженерных разработок. М., 2006. С. 71-73.

РАСЧЁТ И АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ

Канд. техн. наук В.А. Майоров
(ГНУ ВИЭСХ)

Относительно низкая плотность солнечного излучения на поверхности Земли, принимаемая в качестве пикового значения величиной 1000 Вт/м^2 , вызывает необходимость увеличивать эту плотность за счёт оптических устройств – концентраторов солнечного излучения. Снижение стоимости СФЭС в первую очередь зависит от снижения высокой стоимости солнечных элементов (СЭ), а также кремния солнечного качества [1]. Конкретные задачи предопределяют выбор типа концентратора, степень концентрации излучения, конструкцию концентрирующего устройства, тип приёмника излучения и т.д.

В настоящей статье рассматривается работа солнечных батарей (СБ) (модулей) различных типов и режимов работ: стационарных – планарных; с цилиндрическими концентраторами; с точным слежением за положением Солнца.

Выражение энергии W , приходящей на приемник стационарной СБ с цилиндрическим концентратором, имеет вид:

$$W = E_0 * \tau * \cos j_{cp} , \quad (1)$$

где E_0 – энергия солнечного излучения, равная 1000 Вт/м^2 ; τ – время работы концентратора; $\cos j_{cp}$ – среднее значение косинуса угла наклона Солнца к перпендикуляру миделя концентратора.

Основой для расчета работы СБ с точным слежением является зависимость часового угла ω_n движения Солнца от угла склонения δ и широты φ [2]:

$$\cos \omega_n = \text{tg } \delta * \text{tg } \varphi . \quad (2)$$

Угол склонения δ зависит от годового угла w и соответствует выражению:

$$\delta = \eta * \cos w , \quad (3)$$

где η – угол между осью вращения Земли и полюсом Мира ($\eta = 23,5$ град.); угол w – соответствует вращению Земли вокруг Солнца и может быть выражен соотношением:

$$w = \frac{2\pi}{N_r} N , \quad (4)$$

где N_r – количество дней в году; N – текущий день в году.

Склонение δ можно также определить по приближенной формуле Купера [3].

На основании формулы (2) рассчитывается зимнее время t_z работы СБ со слежением

$$t_z = 2 \frac{\arccos \text{tg } \delta * \text{tg } \varphi}{\alpha} , \quad (5)$$

где $\alpha = 15$ град./час.

Летнее время t_n работы СБ со слежением выражается соотношением:

$$t_{л} = 2 \frac{\pi - \arccos \operatorname{tg} \delta * \operatorname{tg} \varphi}{\alpha}. \quad (6)$$

Подставляя значения времени (5) и (6) в формулу (1) при $\cos j_{cp} = 1$, определим значение энергии W , приходящей на СБ с точным слежением.

На рис. 1 представлена зависимость приходящей энергии на СБ (площадью 1 м^2) от текущего дня года (июнь–декабрь) в соответствии с формулой (4) в относительных единицах k ($k = w/\pi$), при широте местности $\varphi = 57^\circ$.

Основой расчета времени работы планарных СБ является зависимость часового угла ω_n от угла склонения δ и разницей ΔS между широтой φ и углом наклона СБ к горизонту S :

$$\Delta S = \varphi - S, \quad (7)$$

и соответствует выражению:

$$\sin \omega_n = \operatorname{tg} \delta * \operatorname{tg} \Delta S. \quad (8)$$

Для летнего времени года $t_{лн}$ (март–сентябрь) время работы планарной СБ рассчитывается по формуле:

$$t_{лн} = 2 \frac{\pi/2 - \arcsin \omega_n}{\alpha}, \quad (9)$$

а для $\Delta S = 0$

$$\tau_{лн} = \frac{\pi}{\alpha}. \quad (10)$$

Зимнее время работы $t_{нз}$ планарной СБ рассчитывается по формуле:

$$t_{нз} = 2 \frac{\arcsin \omega_n}{\alpha}, \quad (11)$$

а для $\Delta S = 0$

$$\tau_{нз} = 2 \frac{\arccos \operatorname{tg} \delta * \operatorname{tg} \varphi}{\alpha}. \quad (12)$$

Угол наклона Солнца к перпендикуляру миделя СБ – j определяется соотношением:

$$\cos j = \frac{\sin \delta}{\operatorname{tg} \alpha}, \quad (13)$$

где в летнее время $\frac{\pi}{2} \leq \alpha \leq \delta$; в зимнее время $\omega_n \leq \alpha \leq \delta$.

Среднее дневное значение $\cos j_{cp}$ соответствует значению:

$$\cos j_{cp} = \frac{\int_{\frac{\pi}{2}}^{\delta} \cos j dj}{\Delta j}. \quad (14)$$

Таким образом, в летнее время $\cos j_{cp}$ соответствует выражению:

$$\cos j_{cp} = \frac{1 - \sin \delta}{\frac{\pi}{2} - \delta}, \quad (15)$$

а в зимнее время соответственно:

$$\cos j_{cp} = \frac{\sin \arccos \frac{\sin \delta}{\operatorname{tg} \omega_n} - \sin \delta}{\arccos \frac{\sin \delta}{\operatorname{tg} \omega_n} - \delta}. \quad (16)$$

Подставляя приведенные значения времени работы τ и $\cos j_{cp}$ в формулу (1), получим значения энергии, приходящей на планарную СБ в течение дня.

На рис. 1 представлена зависимость приходящей энергии на приемник СБ (площадью 1 м^2) от текущего дня года (июнь–декабрь), при широте местности $\varphi=57^\circ$.

Время работы СБ со стационарными цилиндрическими концентраторами определяется через часовой угол ω_k согласно формуле:

$$\cos \omega_k = \frac{\operatorname{tg} \delta}{\operatorname{tg}(\gamma + \Delta S)}. \quad (17)$$

Летнее время $t_{кл}$ соответствует выражению:

$$t_{кл} = 2 \frac{\arccos \frac{\operatorname{tg} \delta}{\operatorname{tg}(\gamma + \Delta S)}}{\alpha}. \quad (18)$$

Зимнее время $t_{кз}$ соответствует выражению:

$$t_{кз} = 2 \frac{\arccos \frac{\operatorname{tg} \delta}{\operatorname{tg}(\gamma - \Delta S)}}{\alpha} \quad (19)$$

при условии $\omega_{кз} \leq \omega_n$.

В случае если $\omega_{кз} \geq \omega_n$, то зимнее время работы концентратора соответствует значению:

$$t_{кз} = 2 \frac{\arccos \operatorname{tg} \delta * \operatorname{tg} \varphi}{\alpha}. \quad (20)$$

Угол наклона Солнца к перпендикуляру миделя концентратора – j_k определяется соотношением:

$$\cos j_k = \frac{\sin \delta}{\operatorname{tg} \alpha}, \quad (21)$$

где $\delta \leq \alpha \leq \gamma$.

Среднее дневное значение $\cos j_{срк}$ соответствует значению:

$$\cos j_{срк} = \frac{\int_{j_{\min}}^{j_{\max}} \cos j dj}{\Delta j}. \quad (22)$$

Подставляя предельные значения α в формулы (21) и (22), $\cos j_{срк}$ будет соответствовать выражению:

$$\cos j_{срк} = \frac{\sin \arccos \frac{\sin \delta}{\operatorname{tg} \gamma} - \sin \delta}{\arccos \frac{\sin \delta}{\operatorname{tg} \gamma} - \delta}. \quad (23)$$

Подставляя приведенные значения времени работы τ и $\cos j_{срк}$ в формулу (1), получим значения энергии, приходящей на планарную СБ в течение дня.

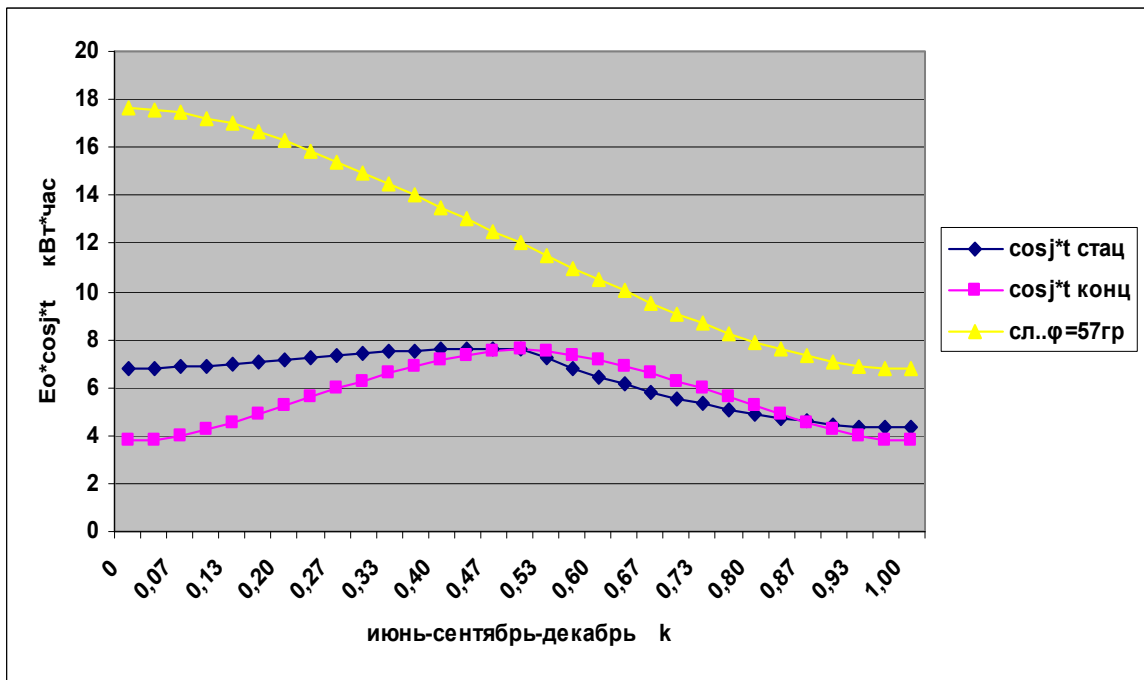


Рис. 1. Расчетные зависимости приходящей энергии (широта местности $\varphi=57^{\circ}$) на СБ планарного типа; с концентратором цилиндрического типа ($\Delta S=0, \gamma=27,5^{\circ}$) и СБ с точным слежением за Солнцем от текущего дня года (июнь–декабрь)

На рис. 1 представлена зависимость приходящей энергии на концентратор СБ (площадью 1 м^2) от текущего дня года (июнь–декабрь), при широте местности $\varphi=57^{\circ}$, параметрическом угле $\gamma = 27,5^{\circ}$, $\Delta S=0$.

Подставляя значения оптического КПД – $\eta_{\text{опт}}$ и КПД приемника – $\eta_{\text{пр}}$, выражение вырабатываемой энергии СБ – $W_{\text{СБ}}$ в соответствии с формулой (1) принимает следующее значение:

$$W_{\text{СБ}} = E_0 * \tau * \cos j_{\text{ср}} * \eta_{\text{опт}} * \eta_{\text{пр}} \quad (24)$$

Расчетные зависимости вырабатываемой энергии с 1 м^2 СБ с $\eta_{\text{пр}} = 0,2$ для всех трех типов и с $\eta_{\text{опт}} = 0,9$ для СБ с концентратором и точным слежением от времени года (июнь–декабрь) и широты $\varphi=57^{\circ}$ представлены на рис. 2.

Расчетные интегральные значения вырабатываемой энергии $\int_0^1 W dw$ рассматриваемых СБ по отношению к планарному соответствуют величинам: для СБ с точным слежением – 1,7; для СБ планарного типа – 1,0; для стационарной СБ с цилиндрическим концентратором – 0,81.

Из этих сравнительных величин видно, что СБ с точным слежением в 1,7 раз вырабатывает больше энергии в году, чем соответствующая стационарная СБ планарного типа, однако конструкция усложняется устройством слежения, несущими частями, усложненной электрокоммутиацией и т.д. Стационарная СБ с концентраторами вырабатывает по отношению к СБ планарного типа на 19% меньше энергии в году, но ее конструкция содержит меньше фотопреобразователей пропорционально ее концентрации K , кроме того, выработку энергии СБ с концентраторами можно увеличить посредством дискретного поворота угла наклона S концентратора относительно значения широты местности φ (т.е. при $\Delta S \neq 0$).

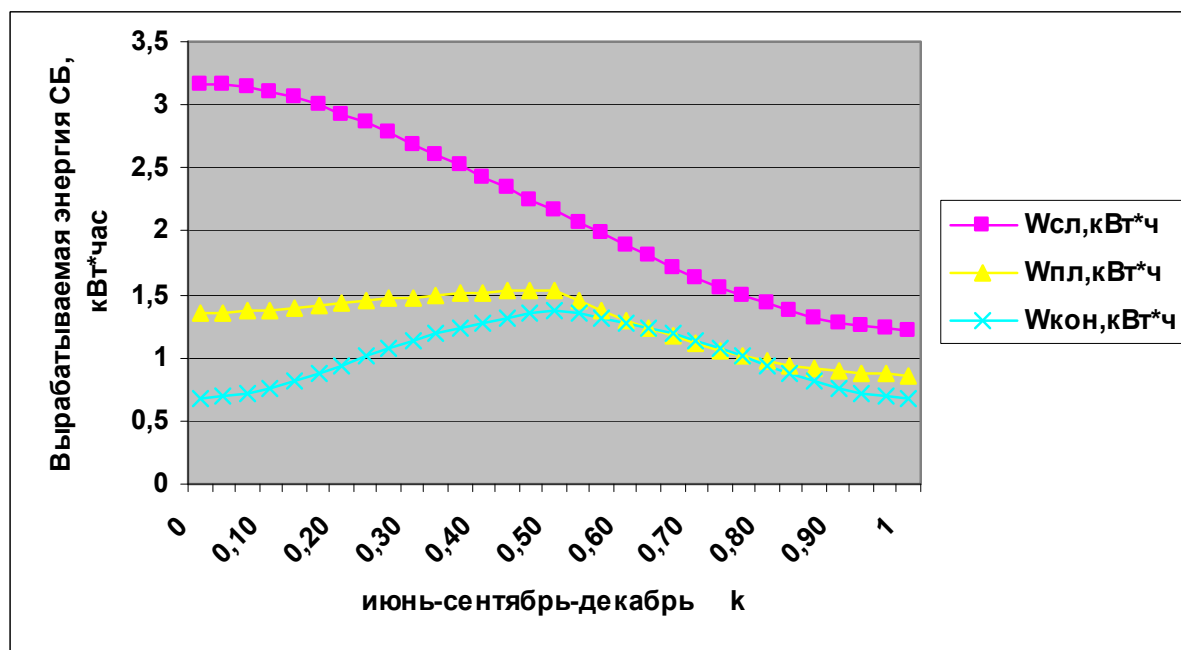


Рис. 2. Расчетные зависимости вырабатываемой энергии с 1 м² СБ с $\eta_{пр} = 0,2$ для всех трех типов и с $\eta_{опт} = 0,9$ для СБ с концентратором и точным слежением от текущего дня года (июнь–декабрь) и широты $\varphi = 57^{\circ}$

Таким образом, использование СБ зависит от технико-экономических параметров конструкции, её назначения и других факторов, каждый из которых требует более широкого анализа. На основании приведённых формул и расчётных сравнительных характеристик можно определять целесообразность конструкции СБ различных типов и режимы работ.

Литература

1. Майоров В.А., Тверьянович Э.В., Лукашик Л.Н. Особенности работы концентраторов без точного слежения за Солнцем // Энергообеспечение и энергоснабжение в сельском хозяйстве. Труды 5-й Международной научно-технической конференции. Часть 4. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2006. С. 106-110.
2. Даффи Дж.А., Бекман У.А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии. М.: МИР, 1977.
3. Cooper P.I. The Absorption of Solar Radiation in Solar Stills // Solar Energy, 12, 3 (1969).

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ НОВОГО МАТЕРИАЛА-ЗАПОЛНИТЕЛЯ ДЛЯ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ С УВЕЛИЧЕННЫМ СРОКОМ СЛУЖБЫ

Академик Россельхозакадемии Д.С. Стребков, канд. техн. наук И.С. Персиц
(ГНУ ВИЭСХ)

Анализ длительного опыта производства и эксплуатации фотоэлектрических модулей, изготовленных методом термо-вакуумного ламинирования с применением клеящих пленок на основе сополимеров этилена с винилацетатом (как перекисной, так и радиационной сшивки), показывает, что реальный срок их эффективного использования не превышает 25 лет в умеренном климате, 20 – в условиях сухого тропического климата и существенно снижается в условиях влажных тропиков. В значительной степени эти ограничения обусловлены деградационными процессами в слоях клеящих пленок, сопровождающимися образованием хромофорных группировок (окрашиванием), что приводит к снижению спектрального коэффициента светопропускания в рабочей для фотопреобразователей области спектра. Ко второй группе процессов, приводящих к снижению выходных электрических параметров модулей, относятся процессы коррозии элементов коммутационной системы и образования утечек за счет присутствия и активации во влажной среде ионогенных групп. Таким образом, качество капсулирующих материалов является решающим фактором, определяющим длительную работоспособность фотоэлектрических модулей.

Проблема достижения конкурентоспособности солнечной энергетики по сравнению с традиционными технологиями может быть решена путем снижения стоимости модулей, повышения эффективности преобразования солнечной энергии, а также, в значительной мере, увеличением срока эксплуатации по крайней мере в два раза.

В связи с этим существенный интерес представляет разработка материалов с повышенной свето- и термостабильностью для использования их в современных конструкциях фотоэлектрических модулей, в том числе в устройствах с концентрированным солнечным излучением.

Краткий обзор применявшихся в производстве фотоэлектрических модулей материалов-заполнителей приведен в табл. 1.

С точки зрения оптической прозрачности, широкого температурного диапазона эксплуатации и чистоты от ионогенных примесей наиболее привлекательными являются кремнийорганические полимеры, на основе которых были созданы и применяются уже десятки лет клеящие и герметизирующие материалы для космических солнечных батарей. До настоящего времени основными сдерживающими факторами в использовании кремнийорганики в конструкции наземных фотоэлектрических модулей являются высокая стоимость и низкая производительность процессов герметизации, связанная с необходимостью применения жидких компонентов.

Современные достижения в области синтеза кремнийорганических соединений позволяют получить материалы, сочетающие в себе высокие эксплуатационные свойства полисилоксанов с возможностью их переработки обычными для термопластов методами, в частности, экструзией.

Таблица 1. Основные свойства материалов-заполнителей для фотоэлектрических модулей

Материал-заполнитель фотоэлектрического модуля	Форма выпуска и технология применения	Преимущества	Недостатки
Холодные вулканизаты низкомолекулярных силоксановых каучуков	Двухкомпонентные жидкие системы	Высокое светопропускание, светостойкость, широкий диапазон эксплуатационных температур, минимальное содержание коррозионно-активных примесей	Низкая технологичность применения, низкие адгезионные и механические характеристики вулканизатов, токсичность применяемых катализаторов отверждения, высокая стоимость
Термопластичные материалы на основе поливинилбутираля	Пленки. Ламинирование	Высокая производительность технологии ламинирования, высокие адгезионные характеристики	Нестабильность оптических характеристик в процессе эксплуатации.
Материалы из стабилизированных композиций на основе сополимера этилена с винилацетатом перекисной и радиационной сшивки	Пленки. Ламинирование	Высокая производительность, высокие исходные оптические характеристики, низкая стоимость	Нестабильность оптических характеристик, высокое содержание ионогенных компонентов, выделение большого количества летучих компонентов в процессе формирования модуля, недостаточно высокие адгезионные характеристики.
Материалы из стабилизированных композиций на основе полиуретанов.	Пленки. Ламинирование	Высокая производительность, возможность рециклинга.	Высокая граница светопропускания, недостаточная светостойкость, высокая стоимость

Такие материалы, относящиеся к группе ТПСЭ (термопластичных силиконовых эластомеров), получают путем блочной сополимеризации альфа, омега-аминосилксана (гибкий блок) с ди- или полифункциональными изоцианатами (жесткий блок) (рис. 1).

При температурах выше температуры плавления сополимер проявляет свойства термопласта. При температурах ниже температуры плавления материал ведет себя как пространственно структурированный полимер (рис. 2).

ТПСЭ перспективны с точки зрения упрощения технологии производства и применения пленок, так как они не нуждаются в дополнительном процессе химического или радиационного структурирования для повышения теплостойкости в изделии. К очевидным преимуществам ТПСЭ можно также отнести отсутствие катализаторов сшивки и, следовательно, побочных реакций, неограниченное время хранения

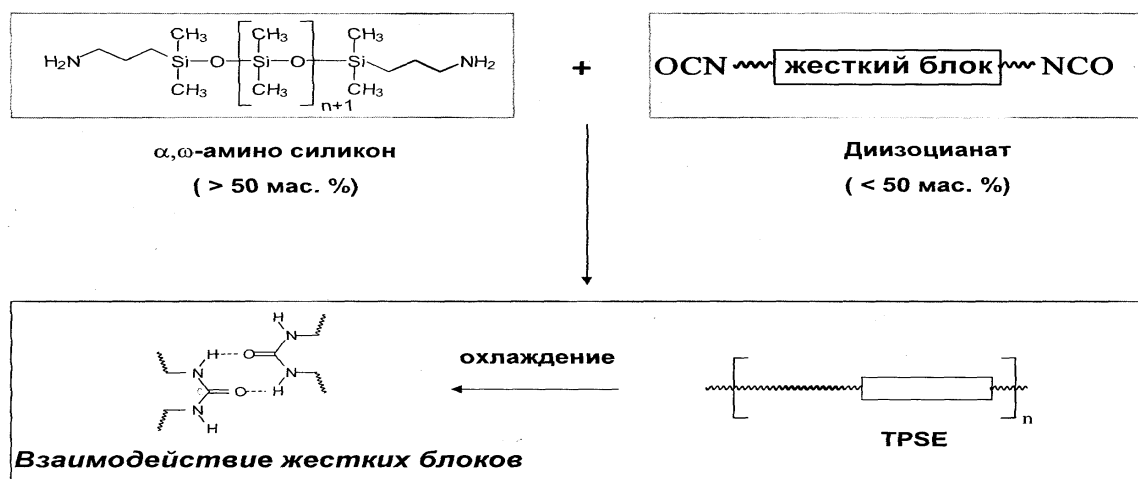


Рис. 1. Схема синтеза ТПСЭ

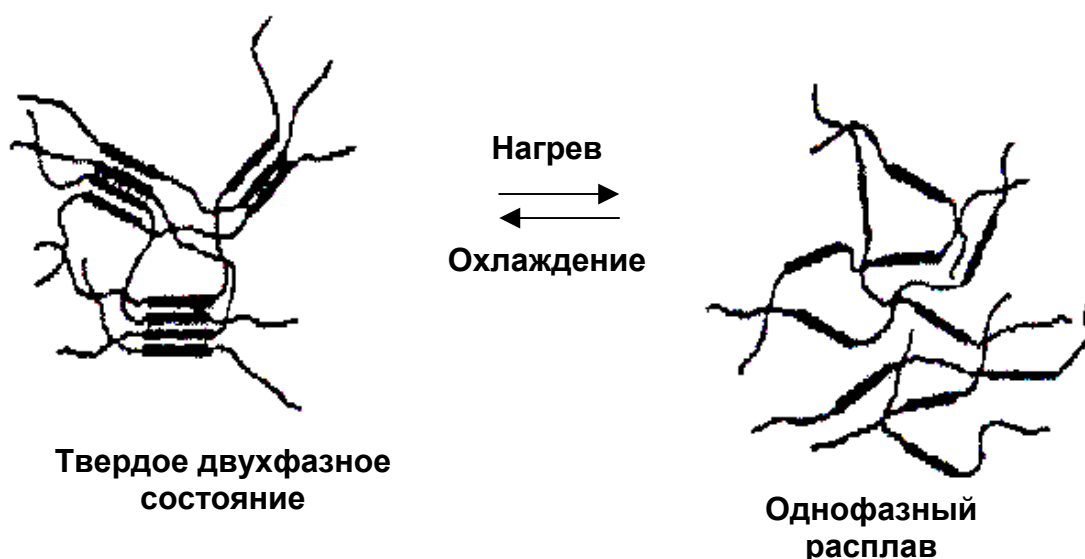


Рис. 2. Схематическое изображение процесса обратимой сшивки ТПСЭ

до переработки, отсутствие несвязанных летучих компонентов и возможность вторичной переработки отходов.

В настоящей работе рассматриваются вопросы, связанные с исследованием влияния нового материала-заполнителя на выходные электрические параметры фотоэлектрических модулей.

Основным свойством, характеризующим пригодность материала в качестве заполнителя в фотоэлектрическом модуле, является прозрачность в рабочем для фотопреобразователей диапазоне солнечного спектра. Спектральный коэффициент светопропускания образцов пленок замерялся на спектрофотометре СФ-46 в диапазоне длин волн 220 – 1100 нм.

В табл. 2 представлены данные по прозрачности образцов сополимера в сравнении с аналогичными данными для основных материалов, применяемых в настоящее время в конструкциях фотоэлектрических модулей.

Таблица 2. Спектральный коэффициент светопропускания защитных покрытий и клеящих пленок для фотоэлектрических модулей, %

Длина волны, нм	Стёкла толщиной 3 мм			Тефзел 50 мкм	Радэва 2АМ 500 мкм	EVA 486 500 мкм	ТПСЭ 600 мкм	ТПСЭ 20 мкм
	1*	2*	3*					
220				64,5	0	0	0	28,5
230				67,5	0	0	4,0	64,0
240	0			71,5	0	0	10,5	73,0
250				74,5	3,0	0	20,0	77,5
260	3			77,5	4,5	0	32,0	81,0
270	10	0		79,0	4,5	0	42,0	82,0
280				80,5	6,0	0	44,0	83,0
290	30	10		81,5	7,5	0	49,0	84,5
300	50	30		82,5	17,0	0	55,5	86,0
300	50	30		82,5	17,0	0	55,5	86,0
310	65	50	0	83,5	22,5	0	60,0	86,5
320	70	70	10	84,0	27,5	0	64,5	87,0
330			30	84,5	32,0	0	68,0	87,5
340	87	87	70	85,5	36,0	0	70,5	88,0
350				86,0	38,5	2,0	72,0	88,0
360				86,0	42,0	8,0	74,0	88,5
380	90	90	90	87,0	76,0	47,0	77,5	89,0
400				87,5	81,0	61,5	78,5	89,0
450				87,5	88,0	87,0	86,5	89,0
500				88,5	89,5	89,0	89,0	89,0
550				89,0	90,0	90,0	89,0	89,0
600				91,0	90,0	91,0	89,0	89,5
650				91,5	91,0	91,0	89,0	89,5
700				92,0	91,0	91,0	89,0	90,0
750				92,0		91,0	89,0	90,0
800				92,5	91,5	91,0	89,0	90,5
850				92,5		91,0	89,0	90,5
900				92,5	91,5	91,0	89,0	91,0
1000				93,0	91,5	91,0	89,0	91,0

Примечание. 1* - PPG Star; 2* - борсиликатное стекло; 3* - оконное стекло.

Приведенные данные свидетельствуют о высоком уровне прозрачности во всем исследованном диапазоне длин волн. Следует отметить высокое светопропускание в коротковолновой области спектра, что особенно важно для пленочных фотопреобразователей на основе аморфного кремния, начало спектральной чувствительности которых лежит в этой области.

В связи с тем, что наиболее распространенной технологией изготовления фотоэлектрических модулей является ламинирование, т.е. термовакуумное прессование,

значительный интерес представляло изучение кинетики газовыделения в процессе нагревания пленки в вакууме. Термогравиметрический анализ, проведенный при давлении $P = 6,0 \times 10^{-3}$ Торр и скорости нагрева 4,5 град./мин показал, что в диапазоне температур переработки ТПСЭ практически не выделяет летучих компонентов, в отличие от пленки EVA.

Технологическое опробование пленок ТПСЭ, проведенное на двухкамерном и однокамерном ламинаторах, подтвердило, что переход к использованию пленок ТПСЭ взамен EVA не требует существенного изменения технологических режимов и может быть легко осуществлен без модификации существующего технологического оборудования.

Влияние ТПСЭ на стабильность выходных электрических параметров модулей исследовалось в процессе естественно-погодных и ускоренных лабораторных испытаний.

Предварительные лабораторные испытания были проведены на отдельных конструктивных элементах модулей с аморфным и монокристаллическим кремнием разных производителей в условиях, соответствующих требованиям отечественных и международных стандартов, относящихся к квалификационным испытаниям фотоэлектрических модулей: ГОСТ 16962.1-89, ГОСТ 15150-69, IEC 1646, ASTM E 238, E 1171-93, IEEE 1262-1995, IEC 61215.

Результаты лабораторных экспериментов, подробно рассмотренные в [1], показали, что заполнитель на основе ТПСЭ не уступает, а по ряду показателей (например, стабильность адгезионных характеристик) превосходит материалы на основе EVA. Полученные результаты требовали проверки и подтверждения в расширенных лабораторных и естественно-климатических испытаниях.

Дальнейшие исследования эффективности применения нового материала-заполнителя проводились на специально изготовленных модулях, состоящих из 4 – 9 монокристаллических фотопреобразователей. В качестве лицевого защитного покрытия использовались закаленное стекло и фторсополимерная пленка Тефзел, в качестве тыльного защитного покрытия – пленка БСП-70 на основе полиэтилентерефталата и Икосолар-2442, в составе которого сочетаются слои фторсодержащей пленки Тедлар и полиэтилентерефталата.

Образцы сравнения были изготовлены по стандартной технологии с применением клеящей пленки Радэва-2А.

Для оценки коррозионного воздействия материала-заполнителя в состав модулей включались индикаторные элементы из нелуженой меди.

Результаты лабораторных испытаний модулей в условиях длительного воздействия повышенной температуры (90 °С, 100 часов) и воздействия комплекса естественно-климатических факторов г. Москвы представлены в табл. 3 и 4.

Приведенные экспериментальные данные свидетельствуют о стабильности выходных параметров фотоэлектрических модулей с ТПСЭ, которая, очевидно, объясняется как коррозионной пассивностью нового заполнителя, так и стойкостью его физико-механических характеристик.

Значительный интерес также представляло проведение предварительных сравнительных испытаний на устойчивость материалов при работе в концентрированном световом потоке.

Таблица 3. Влияние длительного воздействия повышенной температуры на электрические параметры экспериментальных модулей

Состав модуля	Условия испытаний	Длительность испыт., час.	Относительное изменение параметров, %					Изменения внешнего вида
			U_{mp}	I_{mp}	P_{max}	U_{oc}	I_{sc}	
Стекло, ТПСЭ, Икосолар	90 °С	100	+3,6	+2,9	+6,7	+1,8	+3,3	Без изменений
Тефзел, ТПСЭ, БСП-70	90 °С	85	0	0	0	0	0	Без изменений
Тефзел, Радэва, БСП-70	90 °С	85	0	-3,4	-3,4	0	-3,2	Отслоения по коммутационным шинам, увеличение жесткости ламината

Таблица 4. Изменение электрических параметров фотоэлектрических модулей в процессе естественно-погодных испытаний в условиях г. Москвы

Состав модуля	Период испытаний	Длит. испытаний	U_{mp} , мВ	I_{mp} , мА	P_{max} , мВт	U_{oc} , мВ	I_{sc} , мА	Изменение внешнего вида
Стекло ТПСЭ т 600 мкм Икосолар	Исходный	0	5529	1755	9625	7010	2118	
	27.10.05–4.05.06	6,5 мес.	5593 +1,2%	1843 +5%	10182 +5,8%	7010 0	2215 +4,6%	Без изменений
	27.10.05–13.09.06	10,5 мес.	6365 +15%	1833 +4%	10133 +5%	7010 0	2255 +6%	Без изменений
Стандартный модуль по технологии ВИЭСХ	Исходный	0	15508	1823	28271	19849	2019	
	27.10.05–13.09.06	10,5 мес.	15500 0	1823 0	28280 0	19849 0	2020 0	Индикаторные элементы из нежелезной меди потемнели

Испытания проводились в течение 3-х летних месяцев 2006 года на стенде ВИЭСХ (Москва). Образцы были размещены в фокусе парабола-цилиндрического концентратора со степенью концентрации $\times 7$ без принудительного охлаждения. Исследовалось влияние концентрированного излучения на структуру, оптические и адгезионные характеристики материалов-заполнителей, а также выходные электрические параметры мини-модулей со стеклянным защитным покрытием. Результаты сравнительных исследований приведены в табл. 5, 6 и 7.

Таблица 5. Влияние концентрированного потока солнечного излучения на оптическую прозрачность образцов многослойных текстурированных пленок

Длина волны, нм	Спектральный коэффициент светопропускания, %			
	Тефзел – ТПСЭ – Тефзел		Тефзел – Радэва – Тефзел	
	Исходный	После испытаний	Исходный	После испытаний
1	2	3	4	5
220	0	0	0	0
260	7,9	7,9	0	0
280	11,7	11,7	0	0,1
300	14,7	14,7	0,3	10,0
350	22,4	22,4	14,7	14,7
400	32,0	32,0	18,0	18,6
600	50,0	50,0	26,3	26,3
900	42,7	42,7	33,1	33,1

Таблица 6. Влияние концентрированного солнечного излучения на адгезионные характеристики материалов-заполнителей

Состав образца	Адгезионная прочность, кг/см	
	До испытаний	После испытаний
Тефзел+ТПСЭ+Тэфзел	2,9	1,4
Тефзел+Радэва+Тефзел (с дополнительной обработкой силановым аппретом)	2,3	0,5

Таблица 7. Влияние концентрированного солнечного излучения на электрические характеристики экспериментальных мини-модулей

Состав модуля	Период испытаний	Длит. испытаний	$U_{\text{опт.}}$ мВ	$I_{\text{опт.}}$ мА	$P_{\text{макс.}}$ мВт	$U_{\text{хх.}}$ мВ	$I_{\text{кз.}}$ мА	Изменения внешнего вида
Стекло+ТПСЭ +БСП-70	Исходный	0	1144	1666	1905	1798	1980	
	15.06.06- 13.09.06	3 мес.	1144	1901	2174	1798	2098	Цвет просветления и контактов без изменений.
Стекло, Радэва, БСП-70	Исходный	0	1144	1823	2085	1798	2019	
	15.06.06- 13.09.06	3 мес.	1144	1941	2220	1798	2019	Коммутационные шины потемнели, индикаторные элементы со следами коррозии

Данные табл. 5, а также результаты исследования оптической плотности пленочных образцов позволяют говорить о стабильности молекулярной структуры пленки ТПСЭ в исследованном диапазоне воздействия концентрированного солнечного излучения. В случае образцов с пленкой на основе EVA (Радэва) наблюдается суще-

ственное снижение интенсивности полосы поглощения при длине волны 270 нм, характерной для УФ-стабилизатора, входящего в состав композиции. Таким образом, наблюдается активное снижение концентрации УФ-стабилизатора, что, несомненно, будет являться причиной ускоренной деградации материала при увеличении времени экспозиции.

Таким образом, анализ результатов проведенного комплекса исследований позволяет говорить о том, что пленка ТПСЭ существенно превосходит применяемые в настоящее время пленки на основе EVA по оптическим и адгезионным характеристикам, а также обладает пониженной коррозионной активностью. Заполнители на основе термопластичных силиконовых эластомеров перспективны с точки зрения повышения долговечности фотоэлектрических модулей, в том числе и предназначенных для работы в системах с концентрированным потоком солнечного излучения.

Литература

1. *Стребков Д.С., Персиц И.С., Персиц В.Г.* Разработка нового поколения материалов-заполнителей для фотоэлектрических модулей с увеличенным сроком службы // 7-я специализированная выставка «Изделия и технологии двойного назначения. Диверсификация ОПК» Сборник научных трудов и инженерных разработок. М., 2006. С. 66.
 2. Патент РФ № 2287207. Модуль фотоэлектрический / *Персиц И.С., Персиц В.Г.* // БИ. 2006. № 31.
-

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭНЕРГОКОМПЕНСАТОРОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПИКОВЫХ НАГРУЗОК ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ ЭЛЕКТРОСЕТЕЙ

В.А. Гусаров, канд. техн. наук Б.А. Никитин
(ГНУ ВИЭСХ)

Энергокомпенсатор предназначен для снижения пиковых нагрузок централизованных электросетей путём равномерного, поквартирного в течение суток потребления энергии, аккумуляирования её и использования накопленной энергии в соответствии с необходимыми потребностями. Энергокомпенсатор состоит из регулятора входного тока, зарядного устройства, аккумулятора и инвертора.

Основная цель заключается в снижении расходов на топливо генерирующих станций и понижение номинальных мощностей подводящих, коммутирующих и трансформирующих электроэнергию устройств.

Одной из основных проблем энергоснабжения является неравномерность потребления электроэнергии населением и предприятиями, т.е. наличие суточных пиковых нагрузок. Известно, что расчёт сечения кабелей, трансформаторов, коммутирующих систем, мощностей генерирующих электростанций, запасов топлива на генерирующих тепловых станциях ведется с учётом пиковых суточных нагрузок и коэффициентов перегрузок.

При рассмотрении тенденции суточного расхода электроэнергии в квартире или частном жилом доме можно увидеть, что почасовой расход электроэнергии у подавляющего большинства семей приблизительно одинаковый.

Рассмотрим мощность и время работы основных бытовых электроприборов, которые составляют основной набор современной квартиры или сельского жилого дома:

Телевизор – 40 Вт (время работы (t_x) - 8 ч) - утром и вечером.

Холодильник – 40Вт (время работы (t_x) - 24 ч) - в течение суток.

Утюг – 750 Вт (время работы (t_y) - 1 ч) - вечером.

Электронагревательные приборы – 640 Вт (время работы ($t_{\text{нп}}$) 5,7 ч) - утром, днем и вечером.

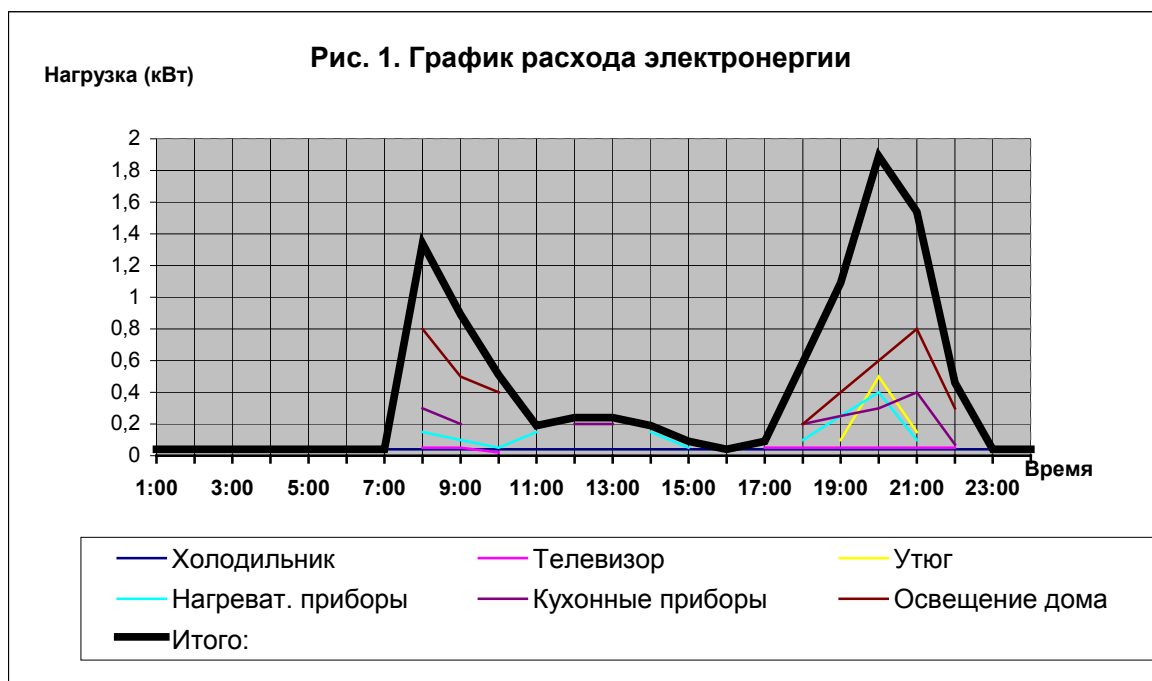
Кухонные электроприборы – 200 Вт (время работы ($t_{\text{нп}}$) 6 ч) - утром и вечером.

Освещение дома – 480 Вт (время работы ($t_{\text{ос}}$) - 6 ч) - утром и вечером.

Итого общее суточное потребление составляет: 9,75 кВт

Из полученного графика (рис. 1) следует, что наивысший расход электроэнергии происходит с 7⁰⁰ до 11⁰⁰ утром и с 17⁰⁰ до 23⁰⁰ вечером, в остальное время расход электроэнергии незначителен. Общий расход электроэнергии составляет 9,75 кВт в сутки, при этом пиковая потребляемая мощность составляет около 1,4 кВт утром и 2,0 кВт вечером.

Для обеспечения потребности среднестатистической квартиры электроэнергией необходимо произвести расчёт сечения кабеля от распределительного щита до электросчётчика потребителя с учётом пиковых нагрузок и коэффициентом запаса,



а это как минимум $2 \times 2,5 \text{ мм}^2$ медного провода. Рассмотрим материалоемкость кабелей на примере стоквартирного жилого дома. Пиковая мощность в современном жилом доме составит:

$$2,0 \text{ кВт} \cdot 100 \text{ квартир} = 200,0 \text{ кВт} \quad (1)$$

Расчёт мощности трансформатора и кабелей, подводящих электроэнергию к этому дому, должен соответствовать этой нагрузке с учетом коэффициента запаса. Мощность трансформатора соответствует пиковой мощности нагрузки и составляет – 250-300 кВт, сечение кабеля:

$$2 \times 2,5 \text{ мм}^2 \cdot 100 \text{ кварт.} \approx 25 - 30 \text{ мм}^2.$$

Решением проблемы исключения пиковых нагрузок является равномерное потребление электроэнергии. По расчёту среднесуточный расход 9,75 кВт·ч в сутки, а среднечасовая потребляемая мощность составит:

$$9,75 \text{ кВт} \cdot \text{ч} : 24 \text{ ч} = 0,4 \text{ кВт.} \quad (2)$$

При этом средний ток составит величину 1,8 А, при напряжении 220 В.

Чтобы обеспечить вышеуказанную квартиру таким током и напряжением, необходим кабель сечением $2 \times 0,35 \text{ мм}^2$.

Трансформаторная подстанция должна иметь трансформатор мощностью:

$$0,4 \text{ кВт} \cdot 100 \text{ квартир} = 40 \text{ кВт.} \quad (3)$$

Кабель, подходящий к ТП, должен иметь сечение:

$$(2 \times 0,35 \text{ мм}^2) \cdot 100 \text{ квартир} = 2 \times 35 \text{ мм}^2. \quad (4)$$

Стоимость трансформаторной подстанции КТП-250 с трансформатором ТМГ-250 и РБО, мощностью 250 киловатт составляет примерно 300 000 руб. (в зависимости от исполнения).

Стоимость трансформаторной подстанции КТП-40 с трансформатором ТМГ-40 и РБО, мощностью 40 киловатт составляет примерно 100 000 руб. Разница цен ка-

бальной продукции, электрических щитов, коммутирующих устройств в данной работе не приводится.

Для того чтобы избавиться от пиковых нагрузок потребителей жилых домов, кварталов, населённых пунктов, предлагается произвести установку энергокомпенсаторов, основная задача которых разгрузить централизованные электрические сети в пиковые часы.

Суть предложения в следующем: на каждый электрический ввод квартиры или жилого дома устанавливается энергокомпенсатор заданной мощности (см. блок-схему рис. 2).

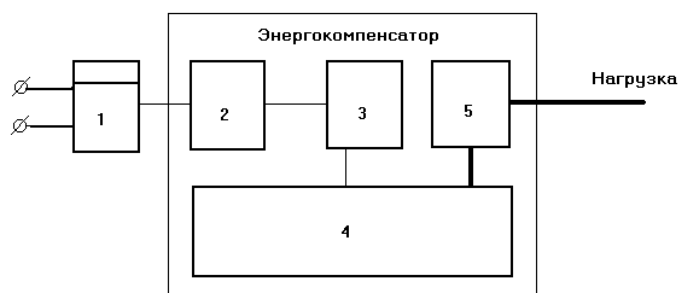


Рис. 2. Блок-схема установки энергокомпенсатора:

1 – электросчетчик потребителя; 2 – регулятор тока 2 А; 3 – зарядное устройство 0,5 кВт; 4 – накопитель энергии 800 А/ч; 5 – инвертор 3,5 кВт

На вводе, после электросчётчика 1, электроэнергия поступает на регулятор тока 2, который, ограничивая ток до заданной величины, пропускает его на зарядное устройство 3. В нашем случае, исходя из среднесуточного равномерного потребления:

$$0,4 \text{ кВа} : 220 \text{ В} \approx 1,8 \text{ А.} \quad (5)$$

Зарядное устройство, имея встроенный выпрямитель мощностью 0,5 кВт, направляет энергию в накопитель. В качестве накопителя следует использовать аккумуляторные батареи или аккумулирующие конденсаторы. К накопителю энергии подключён инвертор с чистой синусоидой, который обеспечивает необходимое количество (но не более заданной мощности инвертора) энергии в любое удобное для потребителя время. Как показывает практика, энергия, полученная от инвертора, более качественная: имеет постоянное напряжение, частоту и не имеет помех.

Как следует из первоначальных приблизительных расчётов, пиковая нагрузка и коэффициент перегрузки заставляют принимать сечение проводов, кабелей, мощности трансформаторов с превышением в 6-7 раз.

Примерная стоимость энергокомпенсатора составит:

Регулятор тока	- 1000 руб.
Накопители тока - АКБ 12-150 А, 4 шт.	- 13000 руб.
Зарядное устройство 0,5 кВт	- 1200 руб.
Инвертор 3,5 кВт (синусоидальный)	- 28000 руб.
Итого:	- 43200 руб.

При массовом промышленном производстве вышеуказанные изделия будут стоить значительно дешевле. При покупке квартиры каждый владелец оплачивает, в

конечном счёте, стоимость кабельной продукции, оборудования, подстанции, запроектированных с расчётом на пиковые нагрузки и с учётом коэффициентов перегрузки. Энергокомпенсатор может принести ощутимую прибавку к бюджету семьи за счёт более эффективного использования электроэнергии в ночное время, по ночному тарифу, который примерно в 3 раза ниже дневного.

Из приведенного выше графика (рис. 1) видно, что минимальные значения мощности наблюдаются с 23⁰⁰ до 7⁰⁰ и с 11⁰⁰ до 17⁰⁰. С 23⁰⁰ до 7⁰⁰ действует ночной тариф.

Произведём расчет 2-х вариантов систем: с энергокомпенсатором и без него.

1. Без энергокомпенсатора.

Электроэнергия, отпущенная по ночному тарифу с 0 час до 6⁰⁰ и с 23⁰⁰ до 24⁰⁰ составляет:

$$0,04 \text{ кВт}\cdot\text{ч} \cdot 7 \text{ час.} = 0,28 \text{ кВт}\cdot\text{ч}, \quad (6)$$

что соответствует:

$$0,28 \text{ кВт}\cdot\text{ч} \cdot 1 \text{ руб. } 80 \text{ коп.} = 0 \text{ руб. } 50 \text{ коп.} \quad (7)$$

Электроэнергия, отпущенная по дневному тарифу, составляет:

$$9,75 \text{ кВт}\cdot\text{ч} - 0,28 \text{ кВт}\cdot\text{ч.} = 9,47 \text{ кВт}\cdot\text{ч}, \quad (8)$$

что соответствует:

$$9,47 \text{ кВт}\cdot\text{ч} \cdot 1 \text{ руб. } 80 \text{ коп.} = 17 \text{ руб. } 05 \text{ коп.} \quad (9)$$

Общая сумма суточного расхода составляет

$$0 \text{ руб. } 50 \text{ коп.} + 17 \text{ руб. } 05 \text{ коп.} = 17 \text{ руб. } 55 \text{ коп.} \quad (10)$$

2. С энергокомпенсатором.

Электроэнергия, отпущенная по ночному тарифу с 0 час до 6⁰⁰ и с 23⁰⁰ до 24⁰⁰ составляет:

$$0,04 \text{ кВт} \cdot 7 \text{ ч} = 0,28 \text{ кВт}\cdot\text{ч}, \quad (11)$$

что соответствует:

$$0,28 \text{ кВт}\cdot\text{ч} \cdot 0 \text{ руб. } 60 \text{ коп.} = 0 \text{ руб. } 17 \text{ коп.} \quad (12)$$

Электроэнергия, отпущенная по дневному тарифу с 6⁰⁰ до 23⁰⁰, составляет:

$$9,75 \text{ кВт}\cdot\text{ч} - 0,28 \text{ кВт}\cdot\text{ч} \geq 9,47 \text{ кВт}\cdot\text{ч}, \quad (13)$$

что соответствует:

$$9,47 \text{ кВт}\cdot\text{ч} \cdot 1 \text{ руб. } 80 \text{ коп.} = 17 \text{ руб. } 05 \text{ коп.} \quad (14)$$

$$\text{Итого: } 17 \text{ руб. } 05 \text{ коп.} + 0 \text{ руб. } 17 \text{ коп.} = 17 \text{ руб. } 22 \text{ коп.} \quad (15)$$

Из приведенного расчёта видно, что экономический эффект от применения энергокомпенсатора составляет:

$$17 \text{ руб. } 55 \text{ коп.} - 17 \text{ руб. } 22 \text{ коп.} = 0 \text{ руб. } 33 \text{ коп. в сутки.} \quad (16)$$

Столь малая экономия объясняется тем, что расход электроэнергии в ночное время в несколько раз ниже, чем в дневное, и поэтому применение энергокомпенсаторов в таком режиме малоэффективно.

Но энергокомпенсатор может быть запрограммирован таким образом, что он будет запасать всю энергию в период с 23⁰⁰ до 7⁰⁰, в этом случае потребителю придется заплатить:

$$9,75 \text{ кВт}\cdot\text{ч} \cdot 0 \text{ руб. } 60 \text{ коп.} = 5 \text{ руб. } 85 \text{ коп.} \quad (17)$$

Экономия в сутки составит:

$$17 \text{ руб. } 55 \text{ коп.} - 5 \text{ руб. } 85 \text{ коп.} = 11 \text{ руб. } 70 \text{ коп.} \quad (18)$$

Учитывая КПД аккумуляторных батарей – 80%, зарядного устройства с инвертором – 90%, получим более точную среднесуточную экономию:

$$0,8 \cdot 0,9 \cdot 11 \text{ руб.}70 \text{ коп.} = 8 \text{ руб.} 42 \text{ коп. в сутки.} \quad (19)$$

Экономия в год составит:

$$8 \text{ руб.} 42 \text{ коп.} \cdot 365 \text{ дн.} = 3073 \text{ руб.} 30 \text{ коп. в год.} \quad (20)$$

Как известно, любые генерирующие станции производят электроэнергию с учетом пиковых нагрузок, даже в ночное время мощность этих станций нельзя снизить не более чем на 10% их мощности. Применение энергокомпенсаторов позволит вырабатывать электроэнергию в соответствии с её более равномерным потреблением, что неизбежно приведёт к значительной экономии топлива.

Применение энергокомпенсаторов целесообразно там, где генерирующая станция работает для снабжения электроэнергией жилых микрорайонов, кварталов, посёлков, населённых пунктов (где отсутствуют большие промышленные предприятия) с явно выраженными пиковыми нагрузками потребления электроэнергии населением.

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ

Д-р техн. наук Е.В. Халин, канд. техн. наук Н.Н. Липантьева
(ГНУ ВИЭСХ)

Охрана труда регламентируется нормативно-правовыми актами на федеральном уровне, на уровне субъектов Российской Федерации, на региональном и муниципальном уровнях, на уровне местного самоуправления и непосредственно в производственных структурах промышленности и сельского хозяйства, которые называют организациями.

Основной задачей охраны труда на любом уровне является обеспечение безопасности, сохранение жизни, здоровья и работоспособности человека в процессе труда путем использования системы правовых, социально-экономических, организационных, технических, санитарно-гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств.

Управление охраной труда в организации осуществляет её руководитель, который для непосредственной организации работ создает службу охраны труда, подчиняющуюся руководителю или по его поручению одному из его заместителей, численность службы охраны труда и ее наличие зависят от количества работающих в организации. Служба охраны труда создается в организации при численности работников более 50 человек или вводится должность специалиста по охране труда. При меньшей численности работодатель создает службу или вводит должность по своему усмотрению с учетом специфики производственной деятельности [1].

Реализация требований нормативно-правовых актов по охране труда всех уровней в современных условиях требует учитывать развивающиеся рыночные отношения. Эффективность, своевременность и адекватность организационных решений невозможны без многофункционального ресурса информационно-коммуникационных технологий [2].

Статистика показывает, что более 80% несчастных случаев со смертельным исходом на производстве происходит по организационным причинам или связано с этими причинами. Статистика электротравматизма не отличается от общей: причинами более 60% смертельных электротравм являются чисто организационные причины, если же учесть организационно-технические, то этот процент возрастет до 80 и более. В связи с этим, вопросы организации работ по электробезопасности наряду с новыми техническими решениями должны стать основными в снижении числа электропоражений.

Обеспечение электробезопасности является одной из задач общей системы обеспечения безопасности производства и охраны труда в организации и требования нормативно-правовых документов по безопасности производства и охране труда распространяются и на организацию работ по электробезопасности [3]. Вместе с тем обеспечение электробезопасности имеет специфические особенности.

Электричество относится к опасному производственному фактору, который отличается от других опасных производственных факторов тем, что не обладает "предупреждающим" свойством, способным обнаружить его заблаговременно органами

чувств человека: зрением, слухом, обонянием, которые в некоторых случаях для других опасных факторов (механических, химических и др.) могут способствовать предотвращению опасного события при включении естественной защитной реакции человека на угрозу.

Основным защитным фактором работников, наряду с обязательными техническими устройствами и решениями, при эксплуатации электрооборудования являются их знания и навыки: знания свойств и опасности электричества, правил и норм обеспечения безопасности и навыки их обязательного и своевременного исполнения.

Поскольку эксплуатация электрооборудования относится к работам, проводимым в условиях повышенной опасности, к персоналу, ее выполняющему, предъявляются повышенные требования. Это выдвигает на первый план мероприятия по организации качественного обучения электротехнического персонала. Своевременное и надлежащее исполнение нормативных документов требует обязательного обучения и проверки знаний по электробезопасности всего электротехнического персонала, в том числе руководителей. Причем обучение и проверка знаний должны проводиться у всех – независимо от полученного ранее основного образования. Неэлектротехнический персонал, работа которого не исключает соприкосновения с электрооборудованием (доярки, скотники, бригадиры, уборщицы и др.), должен в установленном порядке проходить различного рода инструктажи.

Обучение может проводиться, в зависимости от контингента обучаемых, в специализированных обучающих центрах, создание которых призвано повысить уровень обучения, либо в кабинетах охраны труда непосредственно в организации. Обучение работников на базе кабинетов по охране труда возможно при наличии как методической, так и информационной базы, которая способна обеспечить и обучение и проведение всех видов инструктажей. Методы подготовки и аттестации работников по электробезопасности и охране труда должны ориентироваться на применение новых инфокоммуникационных методов, устройств и технологий, компьютерных систем и сетей, позволяющих формировать и постоянно пополнять встроенные базы коллективных знаний знаниями профессионалов и самих обучаемых, делая их достоянием обширного коммуникативного доступа пользователей. Закрепляется устойчивая возможность оперативного доведения до персонала профессионально важной и актуальной на момент обращения информации, в том числе новых правил, регламентов, нормативных актов [4].

Обученность и квалификация не являются единственными факторами при профессиональном отборе электротехнического персонала. Существует перечень работ, при выполнении которых обязательны предварительные (при приеме на работу) и периодические медицинские осмотры и обследования работников. К ним относятся и работы по обслуживанию, ремонту, монтажу, наладке и испытанию в действующих установках напряжением 50 В и выше переменного тока и 120 В и выше постоянного тока. А также перечень болезней, при наличии которых человек не может быть допущен к их выполнению.

Организация медицинских осмотров должна входить в обязанности работодателя. Оплата за проведение предварительных и периодических медицинских осмотров должна также производиться за счет организации (работодателя) в соответствии с договором, заключаемым между работодателем (организацией) и медицинским учреждением, производящим медицинские обследования. Работодатель должен обеспе-

чить явку персонала на обследования и осмотры и должен нести ответственность за допуск к работе лиц, не прошедших процедуру медицинского обследования [5, 6].

В организациях агропромышленного комплекса (АПК) выполнению этого мероприятия должно быть уделено особое внимание, так как проведение медицинских осмотров электротехнического персонала вряд ли можно отнести к безусловно выполняемым требованиям. Следует отметить, что в практике медицинских осмотров и обследований не учитываются психологические факторы. Участие врача-психиатра предусматривается только при проведении предварительных осмотров при поступлении на работу и в основном это практикуется в электротехнической отрасли, в других отраслях промышленности, как и в агропромышленном комплексе, такие обследования очень редки.

Несмотря на разнообразие причин, приводящих к производственным электротравмам (технические, организационные, организационно-технические и др.), виновниками несчастного случая прямо или косвенно являются сам работник или другое лицо(а), либо оба(все) из них. Человеческий фактор – это комплекс психофизиологических и психологических свойств и качеств, которыми обладает человек и которые, так или иначе, проявляются в трудовой деятельности. Этим факторам не уделяется должного внимания. При организации процесса труда в электроустановках психофизиологические и психологические факторы должны особо учитываться. К электротравме может привести несоответствие анатомо-физиологических и психических особенностей организма характеру выполняемой работы. Учет психического фактора не говорит о психическом нездоровье человека. Влияние на поведение человека может оказывать воздействие каких-либо физических или социально-психологических (психологический климат в коллективе, условия быта и т.п.) факторов внешней среды.

Этим факторам не уделяется должного внимания при организации работ в электроустановках, несмотря на их существенное влияние на статистику электротравматизма. Именно личностные качества человека являются причиной нарушения трудовой дисциплины, отсутствия ответственности за выполняемую работу и выполнения работ в нетрезвом состоянии, в котором теряется необходимая бдительность, нарушается координация движений и снижается сопротивляемость организма электрическому току.

Таким образом, при профессиональном отборе электротехнического персонала личностный фактор должен учитываться наряду с квалификацией работника. Это требование относится не только к непосредственным исполнителям работ (членам ремонтных, монтажных бригад и др.), но и к руководителям всех уровней и специалистам.

Весь электротехнический персонал организации от руководителя до члена бригады имеет долю своей ответственности за безопасное производство работ. Права и ответственность каждого лица должны быть четко отражены в должностных инструкциях или других документах организации.

От строгого соблюдения правил по организации работ в электроустановках руководящим техническим персоналом в значительной степени зависит безопасность лиц, производящих монтаж, ремонт или эксплуатацию электрооборудования.

Основным организационным мероприятием является оформление разрешения на право проведения работ. Без оформления соответствующего разрешения проведение любых работ в электроустановках категорически запрещается. В соответствии с

[7] организационными мероприятиями по безопасному проведению работ в электроустановках являются:

- оформление работ нарядом, распоряжением или перечнем работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации;
- допуск к работе;
- надзор во время работы;
- оформление перерыва в работе, перевода на другое место работы, окончания работы.

Статистика электротравматизма показывает, что несоблюдение перечисленных организационных мероприятий отмечено в подавляющем большинстве всех электротравм в системе АПК. Наиболее характерна эта причина электротравматизма для персонала, обслуживающего электротехнологическое оборудование.

Отсутствие разрешения на выполнение тех или иных работ в электроустановках говорит не только о нарушении правил, но и о производственной дисциплине в организации со стороны тех руководителей, которые обязаны правильно организовывать проведение работ. Оформление разрешения на проведение работ – это не формальность, а необходимое условие безопасного проведения работ.

Лицо, выдающее наряд или распоряжение, должно предусмотреть: место работы, содержание работы, время ее начала и окончания, профессиональный и количественный состав бригады, а также все мероприятия, которые обеспечивают безопасное проведение работ, включая и обеспечение членов бригады средствами индивидуальной защиты (СИЗ) в необходимом количестве и необходимого вида. Выдающий наряд или распоряжение отвечает за достаточность и правильность указанных в наряде (распоряжении) мер безопасности, за соответствие группы по электробезопасности у членов бригады характеру предстоящей работы. Выдавать наряд или распоряжение может лицо из электротехнического персонала, назначенного ответственным за электрохозяйство в организации и имеющего группу по электробезопасности не ниже IV при работе в электроустановках напряжением до 1000 В и V группу – в электроустановках напряжением выше 1000 В. Выдающий наряд, назначаемые ответственный руководитель работ, допускающий, производитель работ, наблюдающий и каждый член бригады несут свою долю ответственности за безопасное проведение работ в соответствии со своей должностью.

Выполнение работ по наряду или распоряжению требует обязательного проведения соответствующих инструктажей. В организациях АПК работы в электроустановках, выполняемые по распоряжению, которое отдается работнику, непосредственно выполняющему работу, требуют фиксировать допуск к работе в журнале учета работ по нарядам и распоряжениям.

В каждой организации должен действовать перечень работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации, подписанный ответственным за электрохозяйство и утвержденный руководителем организации. По этому перечню допускается выполнять работы только в электроустановках напряжением до 1000 В. Эти работы также должны регистрироваться в порядке, указанном в перечне.

В малочисленных организациях АПК (фермерских хозяйствах и др.) отсутствуют необходимые службы по охране труда и квалифицированный электротехнический персонал. Для безопасного выполнения работ, связанных с обслуживанием и ремонтом электрооборудования, следует развивать внешнюю инфраструктуру услуг.

Наиболее рациональной и удобной следует считать такую, при которой в одной организации любое предприятие может получить все необходимые услуги.

Важным организационным мероприятием службы охраны труда является обеспечение работающих всеми необходимыми СИЗ от поражения электрическим током. К таким СИЗ предъявляются более высокие требования в сравнении с СИЗ, используемыми при выполнении других работ. Если, например, в защитных рукавицах, применяемых при такелажных работах, имеется небольшой пробел в шве или в защитной каске имеется небольшая вмятина, то при таких дефектах СИЗ не теряет своих защитных свойств. Но если в диэлектрических перчатках или других изолирующих средствах защиты имеется прокол, не обнаруживаемый невооруженным, а подчас и вооруженным глазом, то эти СИЗ теряют свои защитные функции. Такой дефект обнаруживается только при специальных испытаниях, в том числе при тщательном расследовании причин несчастного случая. Поэтому электрозщитные средства должны периодически подвергаться процедуре испытания, после которой на них ставится штамп с указанием проведения последующих испытаний. Использовать электрозщитные средства, у которых истек срок испытания и проверки, категорически не допускается.

Организация работ по электробезопасности в организации должна базироваться на применении средств и способов информационно-коммуникационной технологии с многоуровневыми сетевыми структурами, позволяющими организовать своевременное принятие решений, исключая генерирование неверных решений, и оперативный контроль их исполнения с минимумом ручных операций при погружении в информационные потоки и при документировании.

Статью следует рассматривать как комментарий и обобщение действующих правовых и нормативных актов по организации работ по охране труда на предприятиях, с числом работающих более 50 человек, с акцентом на создание электробезопасных условий труда с привлечением современных интеллектуальных компьютерных технологий и коммуникационных систем.

Литература

1. Трудовой кодекс. М.: Гарант, 2007. – 320 с.
2. Халин Е.В. Безопасность производства: технологии, способы, устройства. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2006. – 372 с.
3. Рекомендации по организации работы службы охраны труда в организации // Справочник специалиста по охране труда. 2003. №5. С. 29-35.
4. Халин Е.В. Компьютерные обучение и аттестация по безопасности производства. М.: Нела-Информ, 2006. – 208 с.
5. Безопасность и охрана труда – 2004: Тезисы докладов III Международного конгресса. М.: Изд-во ВЦОТ, 2004. – 178 с.
6. Охрана труда для работников организаций. М.: ГУЦ "Профессионал", 2006. – 274 с.
7. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок. М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2001. – 209 с.

УНИФИЦИРОВАННЫЙ СЕТЕВОЙ КОНТРОЛЛЕР-КОММУНИКАТОР ДЛЯ АСУТП И АСУП СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Д-р техн. наук А.А. Ерко́в, асп. В.А. Голо́вко
(ГНУ ВИЭСХ)

В настоящее время в глобальном масштабе наблюдается широкое внедрение беспроводных технологий во все отрасли человеческой деятельности, в том числе и в сельскохозяйственное производство. Существует большое количество стандартов беспроводных сетей, которые отличаются друг от друга различными параметрами, например: максимальной скоростью передачи данных, зоной покрытия, мощностью сигнала, помехозащищенностью, топологией, наличием или отсутствием шифрования данных, способом шифрования данных и т. д. (рис. 1).

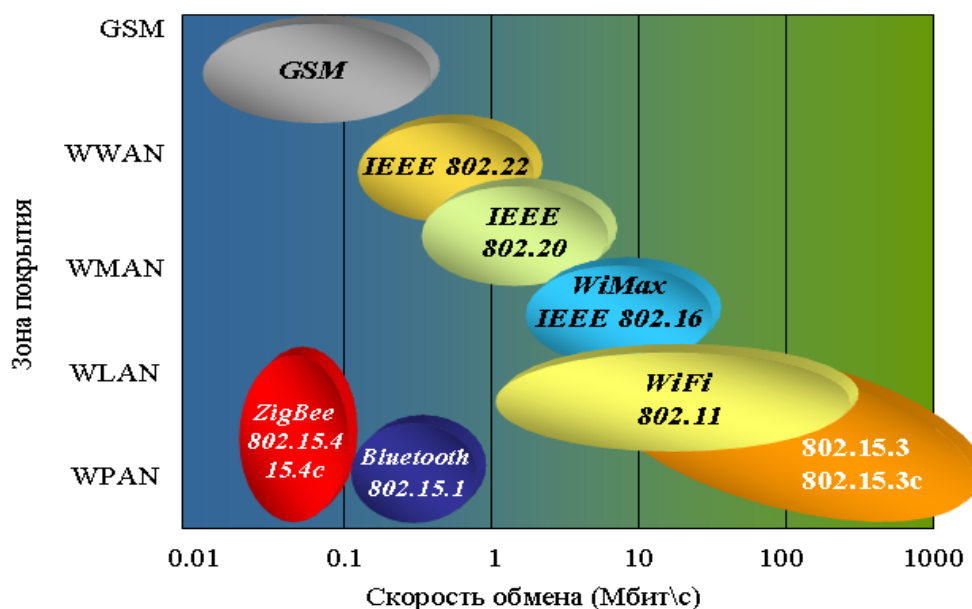


Рис. 1. Характеристики существующих беспроводных стандартов связи

Одним из наиболее перспективных стандартов применительно к АСУТП сельского хозяйства является сотовая связь европейского стандарта GSM (Global System for Mobile communications). В связи с широким покрытием, массовым применением, дешевизной, простотой внедрения и эксплуатации, использование сотовых сетей во многих отраслях народного хозяйства позволяет повысить производительность труда на распределенных объектах, добиться экономии энергетических, материальных, трудовых ресурсов.

Сотовые сети связи могут обеспечивать автоматизированное управление удаленными технологическими процессами и производствами, а также транспортными средствами или мобильными роботами, распределенными на большой территории и входящими в состав гибких автоматизированных систем управления. В сельском хозяйстве актуален мониторинг распределенных объектов, их диспетчеризация и оптимизация управления технологических процессов и производств. Однако характерное для

сельского хозяйства большое разнообразие, нестандартность оборудования и различный уровень автоматизации затрудняет решение этой проблемы. Эти затруднения возрастают в условиях распределенности объектов и технологических процессов.

Концепция построения АСУТП с сотовой связью

Решаемые задачи:

- Автоматизация диспетчерской службы;
- Удаленные измерительные системы. Мониторинг состояния удаленных объектов;
- Охранные и пожарные системы;
- Взаимосвязное управление удаленными объектами;
- Изменение заданий и настроек удаленных управляющих контроллеров за счет обеспечения совместимости протоколов и интерфейсов;
- Реализация на GSM-контроллере сложных алгоритмов управления.
- «Умные дома».

Анализ современного рынка систем автоматизации показывает, что на нем отсутствуют унифицированные, сбалансированные по цене и возможностям средства для решения сложных задач в дистанционных АСУТП с сотовой связью. Данный вывод обусловлен тем, что промышленные контроллеры с интегрированным или подключаемым GSM-модемом имеют большую стоимость и требуют сложного программирования на нижнем уровне (С++) алгоритмов управления конкретным процессом. С другой стороны, более дешевые контроллеры класса «Компакт» (например, Siemens LOGO и Mitsubishi Alpha XL), имея сравнительно низкую стоимость, как правило, не имеют возможности реализации алгоритмов управления, в лучшем случае возможно регулирование 1-3 каналов по позиционному закону. Исключением является Mitsubishi Alpha XL, имеющий канал ПИД-регулирования. Также надо отметить скудные средства управления GSM-систем: нет интерфейсов с реализацией протоколов для контроллеров известных производителей, хотя это необходимо для автоматизации при большом разнообразии регуляторов и исполнительных органов, что характерно для предприятий сельского хозяйства. Так как контроллеры с GSM-модемом не имеют никакого интерфейса с контроллерами АСУТП, нельзя дистанционно изменить уставки, режимы работы внешних контроллеров.

Таким образом, необходимо найти новое решение, которое решало бы обширный круг задач и могло бы удовлетворить требованиям по цене и унификации. Далее описан **унифицированный функциональный модуль** дистанционного управления с использованием сотовых технологий, отличающийся тем, что кроме мониторинга технологических процессов и прямого управления рабочими органами введено управление режимами контроллеров АСУТП, включенных в общую локальную сеть. Кроме того, контроллер позволяет программировать встроенный алгоритм управления, параметры которого также можно дистанционно менять. Модуль позволяет сообщать значения контролируемых параметров в речевой форме.

Основные технические характеристики сотового контроллера

Контроллер предназначен для дистанционного сбора данных и управления распределенными автоматизированными подсистемами и производствами с целью повышения качества и эффективности производства, снижения его ресурсоемкости и

энергоёмкости с учетом нестандартного оборудования и специфики его эксплуатации. Он обеспечивает совместимость и интеграцию оборудования, распределенных АСУТП сельскохозяйственного назначения на базе локальных и сотовых сетей, полный дистанционный мониторинг и управление объектами с различным уровнем автоматизации, прямое управления рабочими органами, а также управление контроллерами АСУТП.

Основные технические характеристики контроллера-коммуникатора для АСУТП с сотовой связью приведены в табл. 1.

Таблица 1. Основные характеристики сетевого контроллера-коммуникатора

Описание	Кол-во	Спецификация
Частотный диапазон	-	EGSM 900/1800 МГц
Питание	-	0..+30 В DC
Дискретные входы	8-64	Гальванически развязанные входы 20мА, 0..+30В DC
Дискретные выходы	8 64	Транзисторные выходы 1А, 0..+30 В DC Блоки реле до 64
Аналоговые входы	8	-10..+10В, 0..+10В, 0..+20мА, +4..+20мА
Аналоговые выходы	2	-10..+10В, 0..+10В, 0..+20мА, +4..+20мА
Кол-во SIM карт	1	SIM Class 2
Передача данных GPRS	-	GPRS класс 10
Передача данных/факсов/SMS в сети GSM	-	Асинхронная передача данных, "прозрачный" и "непрозрачный" режимы до 14400 бит/с, текст и протокол PDU, связь MT/MO
Интерфейсы	2	RS232, CAN, RS485, AT команды
Рабочая температура	-	-40..+55°C
Класс защиты	-	IP20

Архитектура сетевой АСУТП с сетевым контроллером-коммуникатором

Концепция нового контроллера базируется на основе анализа существующих решений. Контроллер-коммуникатор должен успешно занять свою нишу на рынке средств автоматизации (рис. 2).

Контроллер-коммуникатор подключается к внешнему GSM-модему и обеспечивает его управление посредством AT команд.

Модульная структура контроллера позволяет конфигурировать его под конкретные требования и задачи. Предоставляется возможность комплектовать контроллер с различным количеством аналоговых и дискретных входов/выходов.

Контроллер имеет два 12-ти разрядных аналоговых выхода для управления устройствами, где используется аналоговый интерфейс: исполнительными механизмами, приводами, контроллерами с входами аналоговой уставки.

Восемь нормированных входов позволяют подключать датчики и собирать данные о процессах управления. Уровни сигналов аналоговых входов/выходов: -10..+10В, 0..+10В, 0..+20мА, +4..+20мА. При помощи модуля расширения возможно подключение до 32 нормированных датчиков, а также до 8 резистивных датчиков температуры.

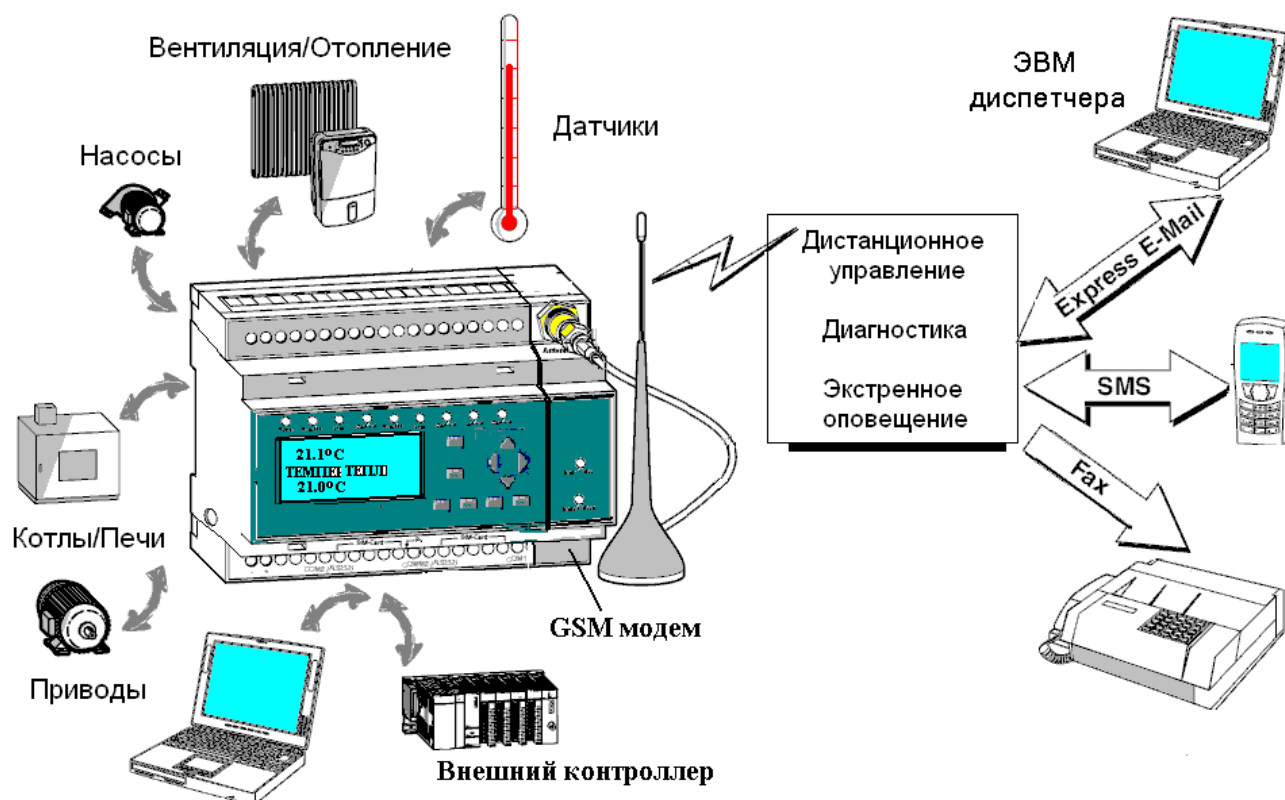


Рис. 2. Иллюстрация некоторых применений сетевого контроллера-коммуникатора

Восемь дискретных входов позволят подключать дискретные датчики, переключатели. Дискретные входы могут быть подключены к датчикам или извещателям посредством унифицированного модуля оптической развязки, монтируемого на DIN рейку, который расширяет число входов до 64. Уровень дискретных сигналов должен удовлетворять требованиям 0..+24В.

Дискретные выходы контроллера позволят подключать от 8 до 64 реле электромагнитных или твердотельных. Реле размещены на модулях, которые в нужных количествах монтируются на DIN рейку. Также контроллер может быть укомплектован 8 транзисторными выходами для управления маломощными нагрузками и передачи дискретных информационных сигналов.

Контроллер оснащен интерфейсом для подключения датчиков температуры и гнезда электронного ключа стандарта Dallas.

Эффективная работа контроллера-коммуникатора в компьютерных и промышленных сетях обеспечивается набором интерфейсов. По интерфейсам Ethernet и RS485 (V24 и RS232) можно подключать цифровые датчики, организовывать локальные сети между контроллерами, подключать исполнительные устройства и т. п. Протоколы обмена фирмы OVEN, а также в стандарте MODBUS. По RS232 интерфейсу осуществляется прямое подключение (Point-to-Point) к ЭВМ. Через дискретные порты ввода/вывода подключаются датчики, исполнительные элементы.

Контроллер коммуникатор одновременно управляет несколькими процессами: передает и принимает данные и АТ команды с сотового модема, и принимает данные и команды с внешних контроллеров; выдает сообщения на дисплей и опрашивает клавиатуру, датчики; управляет выходными параметрами (вкл/выкл, ШИМ и пр.).

Уставки и параметры программируются в специальном режиме.

Наличие модуля ЖКИ (LCD) дисплея позволяет реализовать удобный человеко-машинный интерфейс. Дисплей способен отображать любую информацию, контролируемые параметры, уставки, отображать интерактивное меню. Для навигации в меню и коррекции уставок используются 6 кнопок на лицевой панели контроллера.

Виды интерактивных алгоритмов работы контроллера

Контроллер-коммуникатор реализует различные типы управления и интерактивного поведения согласно ситуационной модели.

Перечислим типы управления:

1. Простой мониторинг - оператор получает при запросе по SMS значения контролируемых параметров, ALARM функции дозвона для пожарной и охранной сигнализации, а также мониторинга утечки тока (защитное отключение);

2. Прямое управление рабочими органами (включение насосов, освещения, вентиляции и т.п., одновременно мониторинг контролируемых параметров);

3. Собственное управление. Измерение и управление осуществляет микроЭВМ сотового контроллера. Алгоритм управления и уставки задаются оператором посредством SMS, осуществляется прием и передача небольшого количества данных, установка или изменение некоторых параметров системы, в которую входит контроллер, сообщение определенных команд, а также получение данных о состоянии системы, её параметров. Также доступна функция отправки и приема сообщения электронной почты;

4. Управление внешними контроллерами. Осуществляется GSM-мониторинг данных от внешнего контроллера, подсоединенного к сотовому контроллеру через интерфейс (RS485). При этом оператор дистанционно управляет уставками внешнего контроллера посредством SMS.

5. Компьютерный вариант дистанционного управления. Наличие функции GPRS позволяет передавать большие объемы данных через Интернет, например на удаленный сервер. Для него пишется программа приема/передачи SMS-сообщений с записью на диск и SCADA с удобным человеко-машинным интерфейсом (кнопки, мнемосхема, графики), для просмотра графиков может использоваться EXCEL. Подобная система реализована А. Барулиным из ЛайнКул для мониторинга промышленных рефрижераторов, размещенных в удаленных местах. Есть два варианта таких сотовых систем с ПК, работа в Интернете через SMS-почту и работа ПК непосредственно с GSM-модемом.

Способы взаимодействия контроллера, персонала и удаленного пользователя:

1. Получение удаленным пользователем сообщений в речевой форме о контролируемых параметрах;

2. Получение удаленным пользователем сообщений в форме SMS;

3. Удаленное управление (прямое, внешнее и собственное) посредством SMS-посылки (с мобильного телефона или ПК);

4. Удаленное управление с использованием кнопок мобильного телефона в тоновом режиме;

5. Удаленное управление с использованием речевых команд;

6. Передача устных команд персоналу по громкой связи, прослушивание нескольких помещений;

7. Вызов персоналом диспетчера, службы КИП, охраны путем обычного телефонного звонка по заданным номерам (по произвольному номеру можно позвонить, только набрав пароль).

Синтез алгоритма управления режимами работы контроллера как САУ с переменной структурой

Согласно методике синтеза САУ с переменной структурой [1] перечислим возможные **структурные состояния** алгоритма диспетчеризации контроллера-коммуникатора:

S=0. Сброс и перезапуск.

1. Штатный режим работы.
2. Тревога по событию активная.
 - 2.1. Пожарная сигнализация (ПС).
 - 2.2. Охранная сигнализация (ОС).
3. Передача голосового сообщения.
4. Передача данных по SMS
 - 4.1. По тревоге,
 - 4.2. По таймеру,
 - 4.3. По запросу.
5. Передача данных по GPRS.
6. Прием команды по SMS.
7. Прием тональной команды.
8. Звонок по тревоге на заданный номер.
9. Звонок персонала на заданный номер.

Признаки структурного перехода:

1. Команда или кнопка сброса.
2. Прием звонка с заданного номера.
3. Прием SMS-сообщения (команды).
4. Извещатели ПС.
5. Извещатели ОС.
6. Нет электроснабжения.
7. Извещатели резервные.
8. ОС отключена.
9. Таймер звонка переполнен (> 57 сек или избирательно $t > T_i$).

Каждому состоянию автомата-диспетчера соответствуют выходы (они образуют таблицу выходов).

1. Сброс ветвлением на вход в тело программы контроллера.
2. Дозвон и передача SMS.
3. Дозвон и передача голосового сообщения.
4. Прием звонка по заданному номеру и передача SMS.
5. Прием звонка по заданному номеру и передача голосового сообщения.
6. Сброс таймера звонка.

...

На основании признаков перехода и списка структурных состояний можно построить таблицы решений, а по ним, таблицам выходов синтезировать надежный алгоритм управления режимами контроллера-коммуникатора.

СИСТЕМА БЕСПЕРЕБОЙНОГО ПИТАНИЯ И АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКТОМ ОБЛУЧАТЕЛЕЙ-ОЗОНАТОРОВ «ОЗУФ» ДЛЯ ПТИЦЕВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ

Канд. техн. наук А.Ю. Юферев, канд. техн. наук А.К. Алферова
(ГНУ ВИЭСХ)

Предупреждение возникновения инфекционных болезней сельскохозяйственных животных и птиц является важнейшей ветеринарно-санитарной задачей.

Допустимое количество микроорганизмов в воздухе помещений не должно превышать санитарные нормы ПДК для выращивания молодняка птиц – 100 тыс. бактерий, а для содержания взрослой птицы – не более 240 тыс. бактерий в 1 м³ воздуха. Если в воздухе присутствует концентрация более 280 тыс./м³, то резко возрастает заболеваемость и падеж животных, а при 910 тыс./м³ заболеваемость увеличивается до 25%. При этом падеж увеличивается до 10%.

В настоящее время известны механические, химические и физические способы и средства обеззараживания воздуха животноводческих помещений.

В ветеринарии для ликвидации воздушно-капельных инфекций применяется аэрозольное распыление растворов химических веществ (формальдегид, едкий натр, гипохлорид кальция и др). Однако широкому применению химических аэрозолей в закрытых помещениях в присутствии птиц препятствует ряд трудностей технического и биологического плана: необходимость равномерного распыления дезинфектанта, недопущения побочного действия токсичных веществ на организм людей и животных.

К физическим методам обеззараживания относится коротковолновое УФ излучение, озон и искусственная ионизация воздуха. В животноводстве широкое применение получило облучение воздуха коротковолновым УФ излучением ($\lambda = 254\text{нм}$).

Сильное бактерицидное действие коротковолнового УФ-излучения позволяет улучшить газовые параметры микроклимата в животноводческих помещениях, повысить продуктивность животных, снизить число заболеваний и повысить сохранность животных, а озон, одновременно образующийся при использовании УФ ламп в кварцевой колбе, является мощным окислителем химических и других загрязняющих веществ, разрушающихся при контакте с ним (спор, цист и многих других патогенных микробов и вирусов).

Для объединения высокой эффективности УФ-излучения и достоинств озонирования в ВИЭСХ разработан облучатель-озонатор «ОЗУФ».

В основу дезинфицирующего и дезодорирующего воздействий прибора положены известные бактерицидные свойства ультрафиолетового излучения и окислительные свойства озона. Излучение прибора содержит две компоненты: бактерицидное УФ-излучение и излучение, инициирующее в воздухе фотохимические реакции образования озона. В отличие от стандартных бактерицидных облучателей прибор обеспечивает дезинфекцию поверхностей предметов и оборудования, экранированных от прямого попадания бактерицидного излучения, а фотохимическая генерация озона в воздухе не сопровождается образованием вредных для человека, птицы и животных окислов азота.

Облучатель-озонатор «ОЗУФ» может использоваться в режиме рециркулятора-озонатора (дезинфекция происходит внутри корпуса прибора, а на выходе получается озono-воздушная смесь) или в режиме УФ облучателя-озонатора с открытыми крышками (дезинфекция происходит непосредственно от УФ-излучения лампы).

Однако качество электропитания установки часто не соответствует предъявляемым требованиям. На практике приходится констатировать:

- провалы напряжения – кратковременные понижения напряжения, которые связаны с резким увеличением нагрузки в сети;
- скачки перенапряжения – кратковременное увеличение напряжения в сети, связанное с отключением мощных потребителей;
- полное отключение напряжения – "исчезновение" напряжения в сети, вызванное различными обстоятельствами: перегрузкой на электростанции, грозовым разрядом, стихийным бедствием;
- высоковольтные импульсы (всплески) – кратковременное особо сильное увеличение напряжения в сети. Образуются в момент включения/выключения электрических нагрузок. Импульсы могут быть вызваны близким грозовым разрядом;
- нестабильность частоты.

Все это отрицательно сказывается на режиме работы прибора и может привести к его поломке. Для решения этой проблемы существуют источники бесперебойного питания (ИБП).

Современный ИБП – это сложное электронное устройство, часто с микропроцессорным управлением, имеющее следующие функции:

- фильтрация от сетевых (высокочастотных) помех, которые возникают во время коммутации оборудования;
- автоматический регулятор напряжения (AVR), применяемый в схеме ИБП, обеспечивает надежную и бесперебойную работу ИБП даже в случае падений и всплесков напряжения в сети в пределах 160–265 В, т.е. регулирует выходное напряжение до нормального (220/230 В), сохраняя максимальную емкость батареи;
- если напряжение входной сети выходит за указанный диапазон, источник автоматически переключается на внутренние аккумуляторные батареи и питает нагрузку от встроенного инвертора. Время переключения на аккумуляторы не превышает 2–4 мс;
- функция "холодного старта" позволяет включать источник бесперебойного питания при полном отсутствии напряжения в сети;
- функция "спящего режима" позволяет значительно увеличить ресурс работы ИБП за счет автоматического отключения инвертора при длительном отсутствии нагрузки на выходе источника, и в это время обеспечивается подзарядка и тренировка аккумулятора;
- мониторинг системы электропитания с отображением текущего статуса важных функциональных узлов ИБП, параметров питающего напряжения, времени автономной работы, а также корректная остановка операционной системы при длительных пропаданиях промышленной сети через встроенный RS232 порт и поставляемое в комплекте с ними программным обеспечением.

Форма выходного напряжения у ИБП, как правило, синусоида либо аппроксимированная синусоида.

ИБП состоит из входного устройства (фильтр высокочастотных помех), аккумуляторной батареи (свинцовая или никель-кадмиевая напряжением 6–24 В), устройства автоматики, инвертора, выходного трансформатора и автоматического регулятора напряжения. Устройство автоматики обеспечивает подзаряд аккумуляторной батареи, следит за ее напряжением, температурой ИБП и батареи, мощностью и напряжением нагрузки. Автоматический регулятор напряжения переключает обмотки выходного трансформатора в зависимости от входного напряжения (как правило, в пределах 160–260 В), при выходе входного напряжения за эти пределы выходной трансформатор подключается к инвертору, который питается от аккумуляторной батареи (рис. 1).

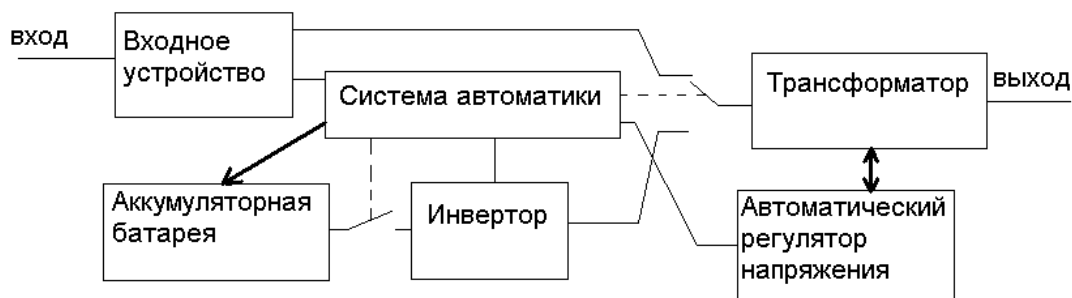


Рис. 1. Схема работы большинства современных ИБП

Питание облучателей имеет некоторые особенности, которые могут упростить схему ИБП. Например электронная высокочастотная схема включения ламп обеспечивает им нормальную работу при входном напряжении 180–250 В, при этом форма сигнала может быть необязательно синусоидальной. Это позволило избавиться от сложного входного фильтра, автоматического регулятора напряжения, позволило упростить схему инвертора, т.к. не нужно формировать сложным алгоритмом синусоиду, отпала необходимость в выходном фильтре, удаляющем высокочастотные гармоники несущей частоты инвертора и вообще убрать из схемы тяжелый низкочастотный силовой трансформатор. Теперь структурная схема источника имеет следующий вид (рис. 2).

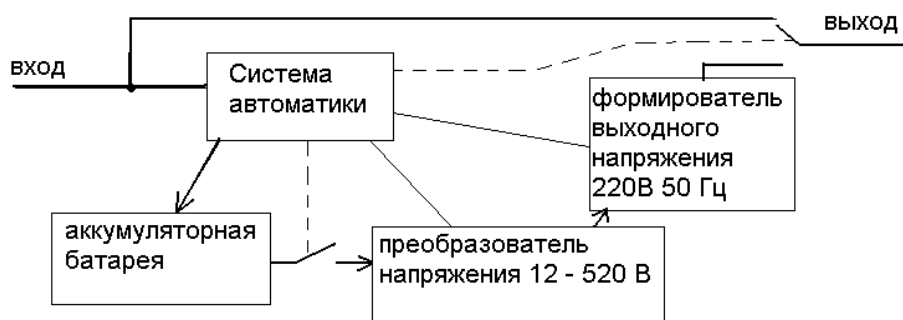


Рис. 2. Структурная схема упрощенного варианта ИБП

Система автоматики контролирует выходное напряжение, если его значение опускается ниже 180 В, выход ИБП подключается к инвертору, который состоит из преобразователя напряжения и формирователя переменного напряжения. Преобразователь питается от аккумуляторной батареи и преобразует 12 В, в повышенное, двухполярное ± 260 В.

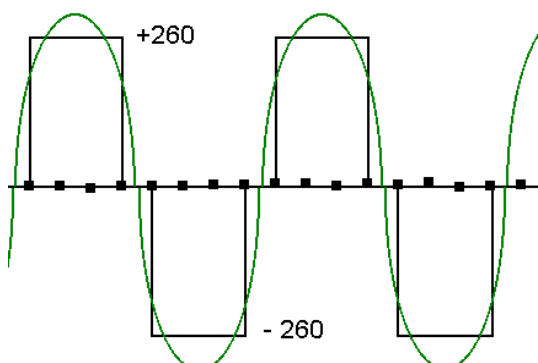


Рис. 3. Форма выходного напряжения источников бесперебойного питания

Формирователь выходного напряжения переключает повышенное напряжение с определенной скважностью и получается так называемая аппроксимированная синусоида (рис. 3).

Система автоматики также обеспечивает подзаряд аккумуляторной батареи, следит за ее напряжением во время работы инвертора и следит за перегревом схемы.

Таким образом, многофункциональный УФ облучатель-озонатор в комплекте с разработанным упрощенным вариантом ИБП может надежно работать в условиях, где возможны различные отклонения в системе электропитания.

При эксплуатации облучателей-озонаторов, установленных на объектах, основным фактором является доза УФ-излучения, которая для каждого объекта индивидуальна. Дозу УФ-излучения можно регулировать либо мощностью (т.е. количеством облучателей, или расстоянием), либо выдержкой времени (т.е. для работы облучателей требуется управление). Это управление целесообразно осуществлять автоматическими устройствами (электронные или механические реле времени и таймеры).

Основное требование к автоматическим устройствам, эксплуатирующимся на объектах сельского хозяйства, является максимальная простота обслуживания и эксплуатации.

Поскольку цикличность работ в сельском хозяйстве не зависит от дня недели, а зависит только от времени года, управление облучателем каждые сутки производится по одинаковой программе. Поэтому для автоматического управления работой облучателя необходимо реле времени с привязкой к реальному времени с ежесуточной периодичностью управления. Из всего разнообразия электронных таймеров и реле времени для управления системой облучателей в помещениях птицеводства наиболее целесообразными являются электромеханические программируемые реле времени 2ВРМ или электронные микропроцессорные программируемые реле времени.

Электромеханические реле времени, как правило, однокомандные (могут срабатывать один раз в сутки) или неудобные в управлении (например, суточное двухпрограммное реле времени 2ВРМ), имеют значительную погрешность точности хода часов. Микропроцессорные реле времени – сложные в программировании из-за большого количества неиспользуемых функций. Поэтому для управления облучателями необходимы реле времени, адаптированные к конкретным задачам, обладающие высокой точностью хода часов и одновременно простые в программировании и эксплуатации.

Для управления работой облучателей, нами разработано электронное реле времени, учитывающее особенности их эксплуатации (рис. 4).

Для реализации реле времени нами была выбрана микросхема КР145ИК1901, представляющая собой схему часов с выходом на индикатор и двумя программируемыми выходами. Типовая схема включения микросхемы была изменена для упрощения работы.

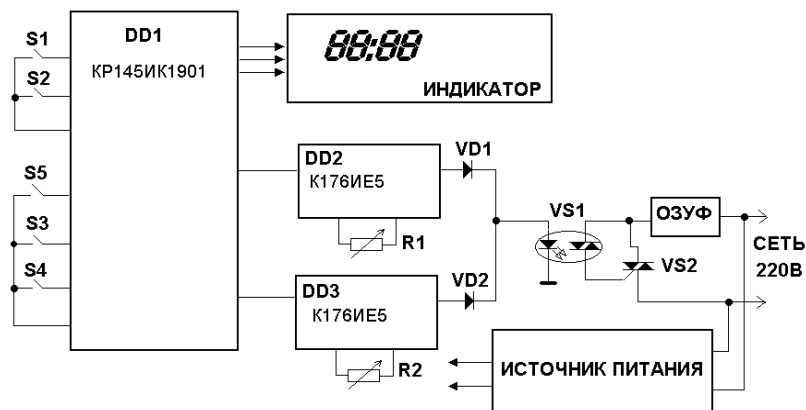


Рис. 4. Структурная схема автоматического реле времени

Кнопками S1 и S2 (час, мин) устанавливаются часы и минуты встроенных часов, кнопками S3, S4 (прогр1, прогр2) выбирается, какой выход микросхемы будет программироваться (какая программа будет выполняться). Для этого нужно нажать соответствующую кнопку и кнопками S1, S2 установить время начала выполнения программы, для возврата в режим часов необходимо нажать кнопку S5 (выход). При совпадении времени установки программы с реальным временем запустятся микросхемы DD2, DD3, представляющие собой генераторы длительных импульсов. Таймеры с выдержками от 13 до 180 мин открывают силовой ключ VS2, нагрузкой которого являются облучатели. Это реле времени позволяет в автоматическом режиме по установленной программе управлять работой до 10-ти облучателей.

Большую перспективу представляют реле времени на базе PIC-контроллеров. При использовании оптимизированных программ реле времени имеют такую же высокую простоту использования, более широкий набор функций по сравнению с часовыми микросхемами (например, автоматическое увеличение времени экспозиции облучателей по мере старения ламп) и высокую точность хода встроенных часов.

Система бесперебойного питания и управления режимами работы должна стать неотъемлемой частью комплектов облучательно-озонирующих устройств, что расширяет возможность их использования в различных помещениях сельскохозяйственного назначения.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕСТНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ И ОТХОДОВ СЕЛЬХОЗПРОИЗВОДСТВА В ЭНЕРГЕТИКЕ СЕЛА

Канд. техн. наук А.В. Тихомиров
(ГНУ ВИЭСХ)

Снижение диктата тарифов централизованного энергоснабжения села, и необходимость сокращения энергозатрат предопределяет совершенствование структуры топливно-энергетического баланса, освоение новых видов топлива и энергии, разработку и внедрение энергоэкономных технологий и техники, рационализацию и модернизацию систем обеспечения топливом и электроэнергией, включая широкое использование децентрализованных систем, местных энергоресурсов, отходов сельскохозяйственного производства.

Опыт использования местных энергоресурсов (дров, торфа), растительных и древесных отходов (соломы, початков, щепы), а также энергии солнца, ветра и воды на селе имеется, т.к. до периода сплошной электрификации и централизованного энергоснабжения вышеперечисленные ресурсы широко использовались на селе в качестве топлива. Однако технологии и оборудование по их использованию были устаревшими, с очень низкими КПД.

В настоящее время задачи вовлечения в энергобаланс села местных и возобновляемых энергоресурсов необходимо решать на более высоком технологическом и техническом уровне, с использованием новых технологий и нового оборудования.

Эффективное использование местных энергоресурсов, биомассы, отходов, а также создание децентрализованных систем энергообеспечения сельских объектов на базе местных видов топлива (биомассы, древесных и растительных отходов, торфа) во многих регионах может покрыть значительную часть (до 20%) энергобаланса ряда хозяйств и предприятий, а для некоторых объектов – все 100%, сократить число отключений электропитания и снизить зависимость от централизованного энергоснабжения.

Технический прогресс обострил экологические, энергетические и экономические проблемы, связанные с постепенным истощением ископаемых ресурсов и значительным ростом их стоимости. Для решения этих проблем ведется поиск новых источников энергии, новых видов топлива, включая растительное сырье для производства жидкого и газообразного топлива, новых способов преобразования и использования биомассы в энергетике сельского хозяйства.

На современном этапе важнейшее направление в получении альтернативных видов топлив представляет использование энергии биомассы, являющейся частью растительного и животного мира. В естественном или переработанном состоянии биомасса может быть использована для производства тепловой и электрической энергии. Положительным элементом в проблеме использования биомассы для энергетических целей является ее практически ежегодная возобновляемость и наличие в основных зонах производства сельскохозяйственной продукции, в связи с чем применение биомассы в сельскохозяйственной энергетике приобретает особое значение.

Решающими факторами использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии в сельском хозяйстве являются:

- снижение стоимости энергоносителей и устранение зависимости от поставщиков традиционных видов топлива;
- уменьшение вредного воздействия оборудования, потребляющего энергию, на окружающую среду и здоровье человека, в том числе за счет снижения техногенной эмиссии CO₂, серы и азота в атмосферу, улучшение экологической ситуации и снижение загрязнений местности в зонах животноводческих ферм, птицефабрик и энергетических объектов;
- необходимость сохранения запасов нефти и газа для последующих поколений на случай возникновения критических ситуаций.

При решении этой проблемы важная роль отводится разработке и освоению технологий и комплектов оборудования по переработке биомассы, торфа, растительных и древесных отходов в качественное жидкое и газообразное топливо (включая метод «быстрого пиролиза»), биоконверсию навоза в биогаз и удобрения, получение биотоплива из семян рапса и других культур.

Наиболее распространены три термохимических метода превращения биомассы в энергоносители: прямое сжигание, газификация и пиролизация. При сжигании содержащаяся в биомассе химическая энергия путем естественного или принудительного подвода воздуха превращается непосредственно в тепловую. При газификации из основной части исходного сырья при ограниченном доступе воздуха получается газообразное горючее.

Пиролизация предусматривает термическое разложение биомассы без доступа воздуха при высоких температурах (500°C и более) и низких давлениях. При этом в зависимости от вида исходного сырья и температурного режима можно получать газообразную, жидкую и твердую фракции в различных соотношениях и с разным энергетическим потенциалом. С точки зрения универсальности использования конечных продуктов и их энергетической ценности, последний метод является более предпочтительным.

Древесные и растительные отходы в энергетике села

Запасы местных видов топлива растительных и древесных отходов, возобновляемых энергоресурсов огромны, однако их использование в качестве топлива до настоящего времени было незначительным, исключая использование дров, объемы потребления которых были большими до 1960–1970 годов и затем в значительной степени заменены использованием электроэнергии, газа, жидкого топлива.

Ставится задача значительного увеличения объема использования местных и возобновляемых энергоресурсов в энергобалансе сельских потребителей и в первую очередь на объектах животноводства. Особая их роль в энергообеспечении автономных потребителей небольшой мощности, ряд которых может быть полностью переведен на местные и возобновляемые энергоресурсы.

При наличии эффективных технологий переработки произведенного энергетического сырья в более ценные виды топлива сельхозпроизводители имеют возможность покрывать существенную часть расходов, связанных с приобретением топлива и электроэнергии, за счет собственных сырьевых ресурсов, как традиционных – торф, дрова, отходы растениеводства, так и новых преобразованных – биотопливо, биогаз.

Применение отходов в натуральном твердом виде связано с рядом проблем, основными из которых являются: экология, ручной труд и недостаточная эффективность преобразования и использования энергии сырья.

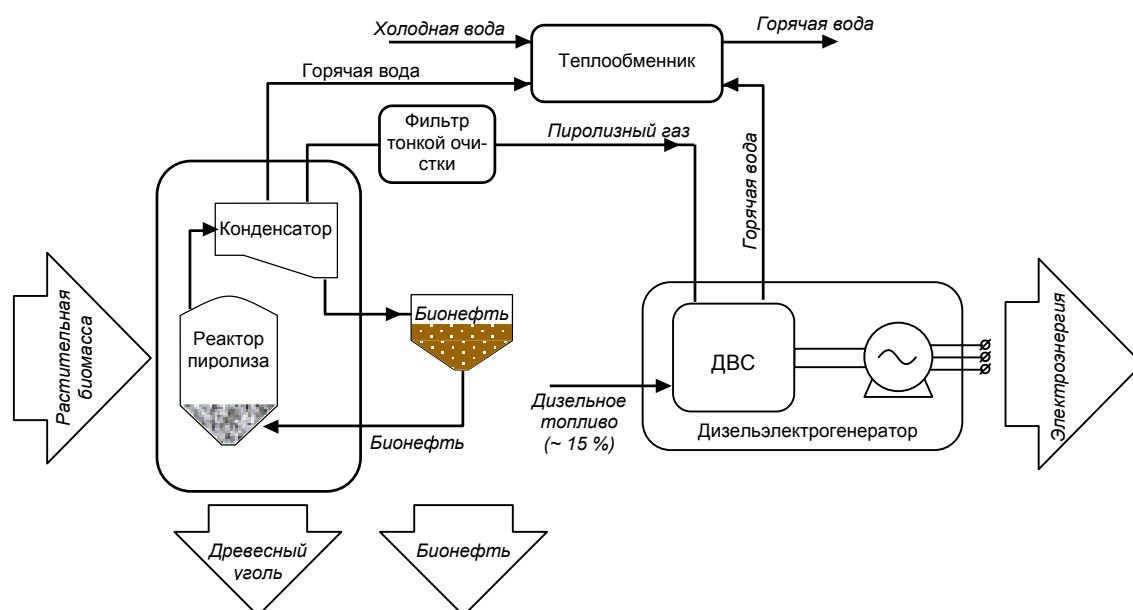


Рис. 1. Пиролитическая установка в блоке с дизельэлектрогенератором

Для эффективного использования растительных и древесных отходов в технологиях прямого их сжигания в последнее время разработаны новые способы. Эффективно сжигание соломы, заготовленной в рулонах, в котлах – для приготовления запаса горячей воды с последующим ее использованием для отопления и технологических нужд. Эта технология заслуживает особого внимания, т.к. исключает ряд промежуточных операций, ручной труд. Хороший опыт по этой технологии имеется в Польше – процесс там полностью механизирован и автоматизирован.

В Белоруссии освоена технология и выпускается оборудование по прямому сжиганию измельченной соломы в блоке с теплообменником. Разработаны топочные устройства для сжигания растительных отходов в кипящем слое (псевдоожижение), которые применяются в основном в сушильных технологиях. Предварительная переработка биомассы в жидкую и газообразную формы представляется наиболее перспективным решением этих проблем.

Преобразование местных топлив, растительных и древесных отходов в жидкое и газообразное топливо позволит значительно расширить перечень сельскохозяйственных потребителей, использующих биомассу для переработки в биотопливо, которое более удобно для применения во многих стационарных установках и мобильном транспорте.

Среди современных технологий энергетического использования растительной биомассы термохимическая конверсия (пиролитическая) является наиболее универсальной. Она позволяет получать экологически безопасное жидкое и газообразное топливо из практически любого сырья, содержащего органические компоненты, с затратами на обеспечение процесса пиролитической конверсии 8–12% от теплотворной способности получаемых продуктов. На рис. 1 представлена структурная схема пиролитической установки в блоке с дизельэлектрогенератором.

Топливо из растительных масел

Технология получения биотоплива из семян масличных культур и в первую очередь рапса, также является перспективной, учитывая большие возможности расширения площадей под посевы рапса, особенно в средней полосе России.

Экономические показатели такого производства зависят в первую очередь от урожайности семян рапса и технологии получения биотоплива. При урожайности семян более 30 ц/га можно добиться себестоимости производства биотоплива, сравнимой с ценами на дизельное топливо.

После добавления к маслу, прошедшему фильтрацию, метилового спирта, щелочи (а иногда и фосфорной кислоты) в результате химической реакции и рафинирования получают метилэфирную кислоту или биотопливо и нерафинированный сырой глицерин.

Другим компонентом прессования семян является жом, который в виде муки, гранул или брикетов можно применять в кормовых целях.

Соломистая часть урожая используется как азотсодержащее удобрение, запахи-ваемое в землю, или в энергетических целях, сжигая в прессованном виде для получения тепла.

Для энергетического использования рапсового масла разработаны различные технологии. Наиболее проста и достаточно эффективна технология, предусматривающая использование смеси рапсового масла (75%) с дизельным топливом (25%).

Переработка навоза и помета в биогаз и удобрения

Обострение экологических проблем, а также рост цен на традиционные энергоресурсы обусловили значительный интерес к технологии биоконверсии органических отходов животноводства (навоза, помета) для получения энергии. Тот факт, что животные плохо усваивают энергию растительных кормов и что более половины ее уходит в навоз, позволяет рассматривать органические отходы не только как ценное сырье для удобрений, но и как мощный возобновляемый источник энергии.

Один из путей рационального использования навоза и навозных стоков животноводческих ферм – их метановое сбраживание, метаногенез, который оказался хорошим способом обезвреживания жидкого навоза и сохранения его как удобрения при одновременном получении локального энергоносителя – биогаза.

Биогаз успешно применяется как топливо. Его можно сжигать в горелках отопительных установок, водогрейных котлов, газовых плит, использовать в холодильных установках абсорбционного типа, в инфракрасных излучателях, в автотракторных двигателях, в газовом цикле Отто (с искровым зажиганием) и газодизельном цикле (с впрыскиванием небольшой дозы запального дизельного топлива). Карбюраторные двигатели легко переводятся на газ: достаточно лишь заменить карбюратор на смеситель.

Одновременно с получением биогаза метановое сбраживание навоза обеспечивает его дезодорацию, дегельминтизацию, уничтожение способности семян сорных растений к всхожести, перевод удобрительных веществ в легкоусвояемую растениями минеральную форму. При этом питательные (для растений) вещества – азот, фосфор и калий – практически не теряются.

Мини-ТЭС на базе когенераторных установок (когенераторы)

Когенерация является одним из наиболее экологических и одновременно экономически эффективных способов производства тепла и электричества.

Когенератор состоит из дизельного или газового двигателя, генератора, системы отбора тепла и системы управления. Тепло отбирается из газовыхлопа, масляного холодильника и охлаждающей жидкости двигателя. При этом в среднем на 100 кВт

электрической мощности потребитель получает более 100 кВт тепловой мощности в виде горячей воды (до 90 °С) для отопления и горячего водоснабжения.

Базой когенераторной установки является газопоршневой, газотурбинный или газодизельный агрегат, работающий на природном или других видах газов (пиролизный, генераторный или биогаз).

Возобновляемые источники энергии в энергетике села

Экономический потенциал ВИЭ достаточно велик с широкими возможностями его использования на селе. Из имеющихся данных о распределении ресурсов ВИЭ по федеральным округам следует, что в каждом из них имеется по два – три вида ВИЭ, что обуславливает целесообразность и необходимость развития всех видов ВИЭ.

По всем видам оборудования по использованию ВИЭ в сельском хозяйстве (за исключением крупных ВЭУ мощностью 1 МВт и выше), имеются научные и проектные разработки. Однако реализация их заметно отстает и их доля в энергобалансе села мала – до 1%.

К 2015 г. их доля в электроснабжении сельского хозяйства может и должна возрасти в 4–5 раз, для чего имеются все возможности. Успешному решению этой задачи будет способствовать дальнейшее развитие НИОКР в области расширения использования ВИЭ в сельском хозяйстве по следующим основным направлениям:

- *по фотоэлектрическим системам* – на разработку концентраторов солнечной энергии, что позволит значительно уменьшить стоимость установок;
- *по гелиоустановкам* для прямого нагрева воды, воздуха – на поиск новых материалов, повышения долговечности, снижение стоимости и веса установки;
- *по ветроэнергетическим агрегатам* – на совершенствование конструкции, снижение нижнего предела скорости ветра до 2,5 м/с, при которых работает ветряк, что значительно увеличит время его использования в году;
- *по микроГЭС* (рукавные, свободнопоточные) – на повышение КПД и устойчивости работы при пониженных скоростях потока воды (до 1 м/с);
- *по комбинированным установкам* – на повышение времени их использования и надежности электроснабжения.

Развитие местной энергетической базы и, в первую очередь, возобновляемых источников энергии должно способствовать эффективному решению проблемы экономии привозного топлива и повышению уровня энергообеспеченности северных регионов России. Здесь в первую очередь должны появиться гибридные ветродизельные (ВДС) или солнечно-ветродизельные (СВДС) системы энергоснабжения, обеспечивающие экономию жидкого топлива от 15 до 100 %.

Заключение

Реализация мероприятий по развитию и модернизации систем энергоснабжения сельскохозяйственных объектов на базе местных энергоресурсов и отходов сельхозпроизводства обеспечит снижение зависимости от централизованного энергоснабжения, сокращение потребления традиционно закупаемых видов топлива (нефти, угля) и электроэнергии за счет широкого использования собственных энергоресурсов – биомассы, растительных и древесных отходов, растительных масел, возобновляемых источников энергии, внедрения новых энергоэффективных технологий их преобразова-

ния в качественные энергоносители, сооружения децентрализованных (автономных) систем с выработкой тепловой и электрической энергии в энергоблоках, работающих на природном и других видов газов.

Литература

1. *Вайнштейн Э.Ф., Стребков Д.С., Чирков В.Г.* Нетрадиционная энергетика в XXI веке // ИТТФ НАНУ, 2001. С. 18-21.
2. *Тихомиров А.В.* Использование местных энергоресурсов в энергетике села // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. Труды 6-й международной научно-технической конференции. Часть 1. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2008. С. 103-112.
3. *Тихомиров А.В.* Состояние и перспективы развития энергетической базы сельского хозяйства // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. Труды 5-й международной научно-технической конференции. Часть 1. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2006. С. 96-104.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Академик Россельхозакадемии Д.С. Стребков, д-р хим. наук Ю.М. Щекочихин, канд. техн. наук И.А. Порев, канд. техн. наук В.Г. Чирков, И.В. Евграфов
(ГНУ ВИЭСХ)

Электроэнергия и жидкое топливо имеют первостепенное значение для жизни человечества, так как эти источники энергии с учетом КПД представляют собой свободную энергию, которую можно превратить в работу.

Владение ресурсами свободной энергии позволяет обеспечить устойчивое развитие и прогресс цивилизации. Более того, экономика и финансы основаны не на золотом содержании, а на свободной энергии как на универсальном эквиваленте денежной массы, который может развиваться без инфляции и финансовых кризисов.

Поскольку производство свободной энергии легко измеряется и строго учитывается в каждой стране, на каждом предприятии, в каждом доме, то экономику можно эффективно контролировать с помощью счетчиков электроэнергии и топлива.

Человечеству не грозит энергетический кризис, связанный с истощением запасов нефти, газа, угля, если оно освоит технологии использования возобновляемых источников энергии. В этом случае будет также решена проблема загрязнения среды обитания выбросами электростанций и транспорта.

Новой тенденцией развития российской и мировой энергетики является увеличение доли децентрализованного производства электрической энергии и теплоты экологически чистыми электростанциями.

Стратегической задачей в энергетической политике АПК является совершенствование структуры топливно-энергетического баланса сельского хозяйства с освоением новых видов энергии, применение энергосберегающих технологий и техники, рационализация системы обеспечения топливом и электроэнергией (табл. 1 и 2).

Развитие сельской энергетики предусматривает, в частности:

- энергетическое обеспечение потребителей сельского хозяйства топливно-смазочными материалами и электроэнергией на сумму до 60–65 млрд. руб. ежегодно, в том числе за счет освоения газомоторного и биологического видов топлива на всех типах энергоемкой техники;
- формирование систем и средств «малой энергетики» для автономного энергообеспечения ряда сельскохозяйственных предприятий и объектов за счет использования местных энергоресурсов, возобновляемых источников энергии, растительных и древесных отходов, освоение новых способов переработки биомассы, торфа, с целью получения качественного жидкого и газообразного топлива.

Наука и техника сегодня имеют в своем арсенале достаточно много средств эффективного и рационального использования местных энергоресурсов и новых энергетических технологий. Местные энергоресурсы включают: растительные и древесные отходы, энергетические плантации быстрорастущих видов деревьев и растений, торф, уголь и сланцы, энергию малых рек, ветровую и солнечную энергию и энергию окружающей среды (для тепловых насосов).

Таблица 1. Структура энергопотребления и прогноз потребностей сельского хозяйства в энергоресурсах

Показатель	Структура энергопотребления и прогноз потребностей сельского хозяйства в энергоресурсах по годам (млн. т условного топлива)			
	1990	2001	2005	2010 (прогноз)
1. Суммарное энергопотребление, в том числе:	121,3	75,0	80,0	90,0
в производстве	70,5	31,0	35,0	43,0
в быту и сфере услуг	50,8	44,0	45,0	47,0
2. Структура энергоносителей:				
твердое топливо	45,3	27,0	27,5	27,3
жидкое топливо	48,7	15,8	16,5	20,0
газ	15,7	24,0	25,5	28,5
электроэнергия (млрд. кВт ч/млн, т. усл.топл.)	96,4/11,6	63,0/7,6	70,0/8,5	85,0/10,2
возобновляемые источники	–	0,2	0,8	1,5
растительные и древесные отходы	–	0,4	1,2	2,5

Таблица 2. Электропотребление в сельском хозяйстве России

Потребитель	Потребление электроэнергии в сельском хозяйстве страны, млрд. кВт·ч по годам,							
	1980	1990	1999	2000	2001	2002	2005	2010 (прогноз)
Производство	42	67,3	34,3	30,21	25,4	22,7	30	40
Быт	14	29,1	37,7	37,86	37,6	37,4	40	45
Всего	56	96,4	72	68,07	63,0	60,1	70	85

В объеме российского рынка энергоресурсов доля сельского хозяйства составляет 8,8%. Более 50% энергоресурсов сельскохозяйственных предприятий расходуется на жидкое топливо и 26% на электроэнергию.

В настоящее время разрабатываются различные термохимические технологии, которые пытаются воспроизвести процесс образования природной нефти и получить продукт, называемый бионефтью.

Применение биомассы в натуральном твердом виде связано с рядом проблем, основными из которых является экология и недостаточная эффективность при использовании энергии сырья. Предварительная переработка биомассы в жидкую и газообразную формы представляется наиболее перспективным решением этих проблем.

Вырабатываемые из биомассы жидкое и газообразное топлива более универсальны, экологически приемлемы и имеют большее энергосодержание по сравнению с сырьем. Термохимические технологии получения твердых, жидких и газообразных топлив из различных видов биомассы включают в себя следующие процессы: прямое сжигание, пиролиз, газификацию, быстрый пиролиз, синтез, каталитическую деполимеризацию.

Среди современных технологий энергетического использования растительной биомассы термохимическая конверсия и каталитическая деполимеризация являются наиболее перспективными. Они позволяют получать качественное, экологически безопасное твердое, жидкое и газообразное топливо из практически любого сырья, содержащего органические компоненты. При этом энергетические затраты на обеспечение термохимического процесса обычно не превышают 5–10 % от получаемых энергетических продуктов.

В пиролизной технологии при изменении температуры в реакторе в диапазоне 450–1200°C массовое отношение произведенных жидкого и газообразного продуктов может изменяться на два порядка. Это обеспечивает максимальную гибкость новых энергетических процессов, основанных на использовании топлив в различных агрегатных состояниях.

В течение последних двух десятилетий достаточно интенсивно развивается технология быстрого пиролиза, позволяющая при умеренных температурах (450–550°C) получать до 70–80% жидкого топлива от массы сухого вещества. Интерес к этому направлению «подогревался» стремлением разработать аналог жидкого горючего для двигателей внутреннего сгорания. Однако ввиду существенного отличия физико-химических свойств пиролизной жидкости растительного происхождения от свойств нефтепродуктов эта задача оказалась намного более сложной в техническом отношении, чем первоначально предполагалось (табл. 3).

Таблица 3. Сравнительные характеристики биотоплива и дизельного топлива, полученного из нефти

Показатели	Бионефть	Дизельное топливо
Теплотворная способность, Дж/кг	15–20	42
Вязкость, сСт	3–9 (80 °C)	2–4 (20 °C)
Содержание влаги, % масс.	15–30	0,05
Щелочные металлы, (ppm)	5–100	< 1
Элементный состав, %:		
Углерод	55–58	86,5
Водород	5,5 – 7,0	12,8
Кислород	35–40	
Азот	0–0,2	0,3
Сера	–	0,4

Наиболее существенными недостатками бионефти по сравнению с дизельным топливом являются:

- пониженная теплотворная способность;
- повышенное содержание воды;
- высокая кислотность и коррозионная активность;
- неустойчивость и расслоение при хранении;
- высокая вязкость.

Основными компонентами жидкого пиролизного продукта являются:

- многоатомные углеводороды 5–10%;
- фенолы 2–5%;
- низшие спирты 2–5%;
- фурфурол 1–4%;
- кетоны 1–5%;
- низшие альдегиды 10–20%;
- фрагменты лигнина 15–30%;
- низшие органические кислоты 10–15%.

Содержание воды в конденсате составляет 20–30%.

Этот жидкий энергетический продукт может применяться в качестве котельного топлива. Использование бионефти в качестве моторного топлива ограничивается, в основном, приготовлением смесей на основе дизельного топлива с небольшой добавкой бионефти (до 20%).

В то же время бионефть, как и любой горючий материал углеводного происхождения, имеет несомненные экологические преимущества перед нефтепродуктами:

- бионефть почти не содержит серы;
- содержание азота, как правило, меньше, чем у нефти.

Даже небольшая добавка бионефти (в пределах 5%) к дизельному топливу заметно снижает дымность и вредность выхлопных газов двигателя.

ГНУ ВИЭСХ совместно с Опытным механическим заводом «Александровский» ВИЭСХ РАСХН по контракту с Минпромэнерго разработали и изготовили экспериментальный образец мини-ТЭС для переработки в жидкое топливо растительной биомассы (отходов сельскохозяйственного производства, древесных опилок и стружки), отходов пищевой промышленности (экстрагированный кофе) и низкокалорийных горючих ископаемых (торф, бурый уголь и др.).

На перечисленных видах сырья установка испытана, ее производительность в зависимости от исходной влажности и вида перерабатываемого материала, степени его измельчения, а также температурного режима составляла: по жидкому топливу – 240 кг в сутки; по несконденсированному газу – до 700 кг в сутки при теплотворной средней способности 5500 ккал/кг.

Выход готовой продукции из пиролизной установки в процентах по отношению к весу сырья представлен в табл. 4.

Таблица 4. Выход готовой продукции из пиролизной установки в процентах по отношению к весу сырья

Сырье	Температура Нагрева, °С	Биотопливо	Газ	Уголь	Балласт (вода, неучтенные продукты)
Древесная стружка	550	60	22	6	12
Торф	650	5	72	8	15
Отходы кофе	600	18	60	8	14

Мировой опыт разработки и производства мини-ТЭС мощностью до 500 кВт·А и микро-ТЭС мощностью до 5–30 кВт·А ориентирован на использование дизельных или бензиновых двигателей внутреннего сгорания. Такие ТЭС могут быть адаптированы для работы на газообразном (и жидком) биотопливе, получаемом при пиролизе растительной биомассы.

Анализ химического состава биотоплива показывает, что основной недостаток такого топлива связан с присутствием неразложившихся фрагментов лигнина и с высоким содержанием органических кислот. В составе полностью отсутствуют компоненты качественных топлив нефтяного происхождения – арены и алкены.

Попытки улучшить состав путем сушки исходной биомассы оказываются малопродуктивными, поскольку воздушно-сухая биомасса содержит примерно 10% воды, дополнительная сушка резко увеличивает затраты.

Таким образом, основным направлением повышения качества пиролизного продукта должно стать изменение химического состава исходной биомассы, например, за счет добавления в биомассу компонентов, улучшающих химический состав продукта путем его приближения к составу нефтяного происхождения.

Однако проблему приготовления смесей биомассы с дополнительными реагентами невозможно решить прямым смешением.

Нами разработаны подходы к решению этой проблемы – каталитическая деполимеризация биомассы растительного происхождения. Этот процесс сводится к термическому растворению твердой биомассы в присутствии доноров водорода с участием катализатора. Основным продуктом термического растворения – жидкий субстрат, который можно перерабатывать в моторное топливо.

В результате экспериментов с древесиной получается качественное биотопливо. Было показано, что торф и солома также могут быть каталитически деполимеризованы.

Основная химическая задача осуществления предлагаемой технологии – подбор наиболее эффективных реагентов.

Образование в продуктах вредного компонента – кислот – может быть уменьшено введением восстановительных веществ – доноров водорода. Такими восстановительными веществами являются добавки, уже используемые при синтезе биотоплив, например мазут, растительное масло, биоэтанол. Возможно также добавление реагентов – доноров водорода, тетралина и спиртов. Количество добавки, используемой для ожижения, – порядка 10% от исходной твердой фазы.

Содержание катализаторов в системе составляет единицы процентов от общей массы. Введение катализаторов происходит на стадии приготовления сырья и не вносит дополнительных технологических сложностей. В качестве катализаторов используются дешевые и доступные материалы.

Процесс каталитической деполимеризации происходит в водной среде. Поэтому сушка сырья в этом процессе не предусматривается, что благоприятно влияет на экономику процесса.

Однако в конечном жидком субстрате – биотопливе – содержится до 30% воды. Для решения проблемы сжигания обводненного топлива, биогидротоплива, специалисты ВИЭСХ разработали совместно с военно-инженерной корпорацией «ВИКОР» и энерго-аудиторской компанией «ТЕХЭКСЕРГО» технологию и аппаратуру для под-

готовки и устойчивого сжигания композитного горючего на основе водо-углеводородных соединений (гидробиотоплива).

Используются принципы нанотехнологической активации жидкого биогидротоплива с помощью вихревых гидрокавитационных установок. Приготовление с их использованием водо-углеводородных эмульсий обеспечивает повышение КПД котлов в среднем на 5 %, надежное распыление и горение таких эмульсий при низких температурах, устойчивое горение с влагосодержанием до 30%, снижение токсичности дымовых газов на 50–80% и хранение водо-мазутных

Эта технология и аппаратура в настоящее время успешно функционирует на 200 энергетических объектах РФ.

По всем предложенным технологиям имеются патенты, модели и экспериментальные образцы.

Литература

1. Вайнштейн Э.Ф., Стребков Д.С., Чирков В.Г. Нетрадиционная энергетика в XXI веке. М.: ИТТФ НАНУ, 2001. С. 18–21.
2. Fast Pyrolysis of Biomass: A handbook, v.2. Edit. A.V.Bridgewater, CPL Press, 2002. P. 432.

ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗ ТЕПЛОТВОРНОЙ СПОСОБНОСТИ ТОПЛИВА

Д-р хим. наук А.С. Холманский, И.В. Евграфов
(ГНУ ВИЭСХ)

Для установления оптимальных режимов быстрого пиролиза биомассы и органических веществ важным критерием является величина теплотворной способности жидких и газообразных продуктов пиролиза. Для определения теплотворной способности, или удельной теплоты сгорания топлива обычно используют дорогостоящие калориметры. В настоящей работе предложен и апробирован простой метод экспресс-анализа теплотворной способности жидкого топлива. С его помощью произведены оценки теплотворной способности рапсового масла и ряда горючих жидкостей, полученных методом быстрого пиролиза растительной биомассы, и отходов текстильного производства. Кроме того, изучено влияние на теплоту сгорания дизельного топлива добавления к нему воды и времени хранения водно-дизельной эмульсии.

Методика измерений

В основу данного метода положили сравнение теплового эффекта от сгорания равного количества топлива с известной и неизвестной удельной теплотой сгорания. Тепловой эффект фиксировали, нагревая в пламени топлива при одинаковых условиях дистиллированную воду. Схема установки показана на рис. 1.

При оценках исходили из следующего. Считали, что количество тепла (Q), выделяемое при сгорании m топлива с удельной теплотой сгорания q , полностью усваивается газообразными продуктами горения, имеющими среднюю теплоемкость $C_{\text{газ}}$, а затем некая доля этого тепла передается колбе с водой. Можно считать, что при неизменных условиях проведения опытов доля потерянного тепла ($Q_{\text{потерь}}$) будет одинакова для всех образцов топлива.

В данном приближении справедливы будут уравнения:

$$\begin{aligned} Q &= m q = m C_{\text{газ}}(T_{\text{гор}} - T_{\text{ком}}) = \\ &= M_{\text{воды}} C_{\text{воды}} (T - T_{\text{ком}}) + Q_{\text{потерь}}, \end{aligned} \quad (1)$$

где $T_{\text{гор}}$ – температура горения топлива; $T_{\text{ком}}$ – комнатная температура; T – максимальная температура нагрева воды; $M_{\text{воды}} = 0,1$ кг; $C_{\text{воды}}$ – теплоемкость воды.

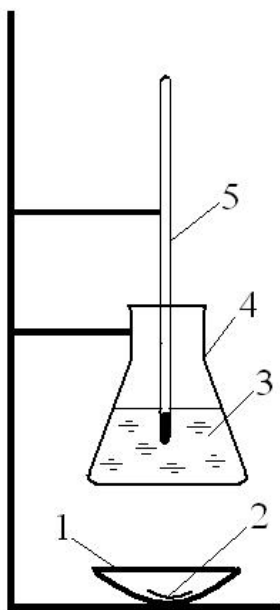


Рис. 1. Установка для измерения теплотворной способности топлива:

1 – фарфоровая чашка (Ø 7 см); 2 – спираль из асбестовой нити (Ø 2 мм, длина 15 см); 3 – дистиллированная вода (100 мл); 4 – колба из термостойкого стекла; 5 – ртутный термометр (цена деления 0,1°C)

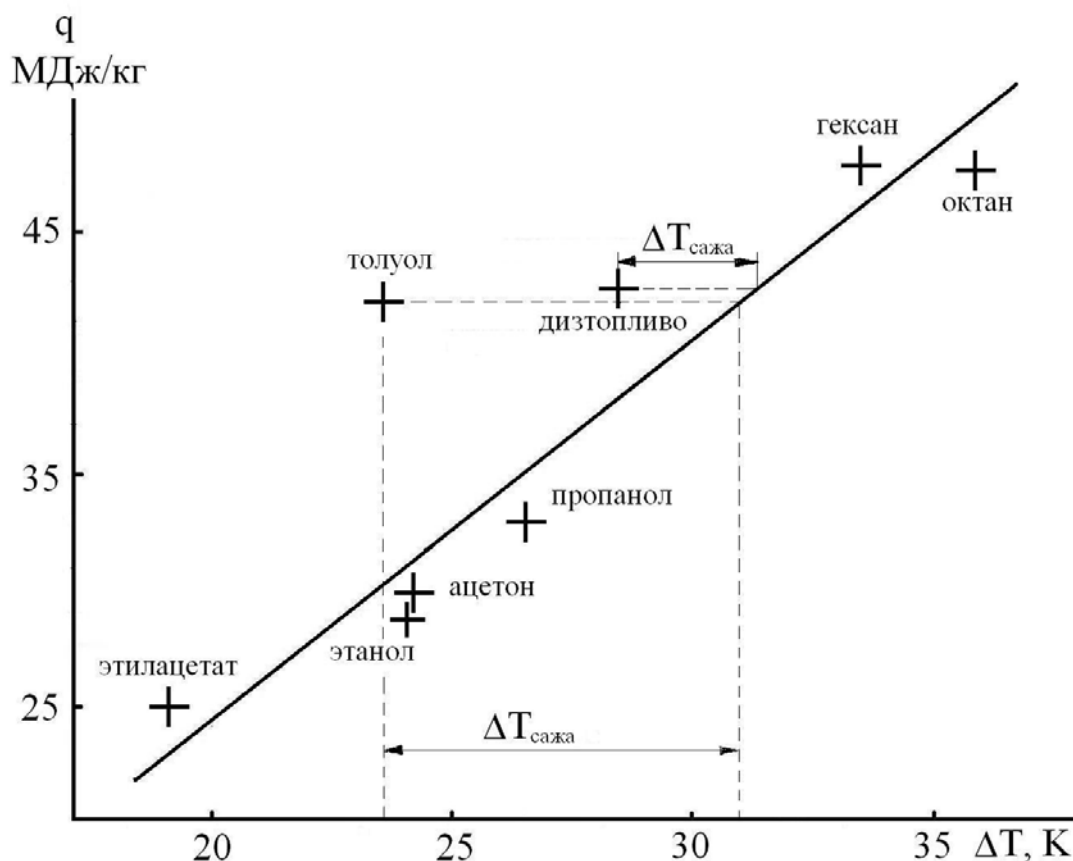


Рис. 2. Калибровочная прямая – зависимость между температурой нагрева воды и теплотворной способностью топлива

Впрыскивали шприцом 1 мл топлива и определяли величину m , исходя из его плотности ($\rho_{\text{топ}}$), значение которой брали из справочников или определяли с помощью ареометров или путем взвешивания 1 мл топлива на аналитических весах.

С учетом сказанного и формулы (1) для величины теплотворной способности получим выражение:

$$q = K \Delta T / \rho_{\text{топ}} + Q_{\text{потерь}}, \quad (2)$$

где K – постоянный коэффициент, а $\Delta T = (T - T_{\text{ком}})$.

Для практических целей уравнение (2) представили в виде калибровочной прямой, для построения которой использовали ряд горючих органических жидкостей с известными значениями q и ρ (рис. 2). Использовали жидкости марки ХЧ (для хроматографии).

Значения q для предельных углеводородов, спиртов и эфиров хорошо подчиняются формуле (2). Тoluол как ароматическое соединение в данных условиях сгорает не полностью, что приводит к выделению заметного количества сажи. Очевидно, что долю массы толуола, превратившейся в сажу, следует вычесть из величины массы, фигурирующей в (1), и учесть уменьшение Q как дополнительные потери тепла ($Q_{\text{сажа}}$), которым будет соответствовать своя величина $\Delta T_{\text{сажа}}$ на рис. 2.

Долю потерь тепла ($Q_{сажа}/Q$) можно определить с помощью калибровочной прямой, полагая, что табличное значение q для толуола отвечает его полному сгоранию и должно лежать на прямой рис. 2. Исходя из графика получим, что для толуола потеря тепла $Q_{сажа}$ из-за неполного сгорания составляет такую долю от общего количества тепла:

$$Q_{сажа}/Q = \Delta T_{сажа} / \Delta T. \quad (3)$$

Для толуола из формулы (3) следует значение 25% (8/31). Эту величину использовали для оценки доли ароматических соединений в дизельном топливе (ДТ). Как следует из рис. 2, потери тепла из-за неполного сгорания ДТ составляют ~8% (2,5/31,5). Эти 8% соответствуют 1/4 от всего количества ароматических соединений в ДТ. Следовательно, их полная величина будет порядка 30%.

Результаты и обсуждение

Результаты измерений представлены на рис. 2 и в табл. 1, 2. Случайная ошибка измерения ΔT , а значит и q , не превышала 10%. В таблицах приведено среднее значение $\langle \Delta T \rangle$. Оценки q смесей ДТ с водой и рапсового масла проводили по формуле:

$$q^* = q_{dm} (\Delta T / \Delta T_{dm}). \quad (4)$$

Таблица 1. Величины ΔT для горючих веществ с известными характеристиками

Параметр	Горючее вещество						
	Этилацетат	Этанол	Ацетон	Пропанол	Толуол	Гексан	Октан
$\langle \Delta T \rangle$ (К)	19,1	24,1	24,0	26,4	23,3	33,3	35,7
q (МДж/кг)	25,5	29,8	30,8	33,3	42,5	48,4	48,0
ρ (кг/м ³)	900	789	791	785, 804	866	660	702

Получение продуктов быстрого пиролиза описано в работах [1]. В настоящей работе анализировали теплотворную способность биодизельных топлив (БД), полученных от пиролиза растительного сырья и органических отходов.

Таблица 2. Величины ΔT и экспериментальные значения q и ρ для дизельного топлива и биодизелей

Параметр	Топливо						
	ДТ	ДТ ₁	ДТ ₂	БД ₁	БД ₂	БД ₃	БД ₄
$\langle \Delta T \rangle$ (К)	28,4	28,1	29,8	20,0	28,4	20,5	24,2
q (МДж/кг)	43	42,5*	45*	26	38	27	37*
ρ (Кг/м ³)	824	823	816	1,02	850	~900	920

Примечание. ДТ₁ – ДТ + Н₂О (30%) эмульсия месячной выдержки;
 ДТ₂ – ДТ + Н₂О (30%) свежеприготовленная эмульсия;
 БД₁ – отходы производства зерна;
 БД₂ – отходы коврового производства;
 БД₃ – опавшие листья;
 БД₄ – рапсовое масло.

По химическому составу продукты пиролиза представляют собой смесь воды, спиртов, альдегидов, эфиров и непредельных углеводородов [1]. Поэтому величину q для них определяли, исходя из измеренных величин ΔT и используя калибровочную прямую. Полученные таким образом величины оказываются близкими к эфирам и спиртам, что и подтверждает наличие в них соответствующих горючих соединений.

Значение q для рапсового масла получилось близким к справочной величине, что свидетельствует о правомочности использования формулы (4) для определения q топлив, родственных ДТ. Известно [2], что предельная стабильность водно-топливных эмульсий, приготовленных с помощью виброкавитационных гомогенизаторов, не превышает 1 месяца для самых технологичных поверхностно-активных добавок (например, ОП-10). Сопоставляются с этими данными и полученные нами результаты, а именно, равенство значений q^* ДТ₁ и q ДТ. Увеличение q^* ДТ₂ по сравнению с q ДТ при снижении его плотности, очевидно, обусловлено повышением степени газификации смеси ДТ + Н₂О в процессе ее гомогенизации. Для выявления эффекта воды в этом случае следует сравнивать q^* с q ДТ, прошедшего аналогичную обработку на гомогенизаторе.

Таким образом, можно заключить, что предложенная методика экспресс-анализа топлив может быть использована для оперативной оценки теплотворной способности любого вида топлива, как полученного из нефти, так и топлив, получаемых из растительного сырья или органических продуктов.

Литература

1. Холманский А.С., Сорокина Е.Ю., Порев И.А., Курганов А.А. Быстрый пиролиз клетчатки // Электронный журнал «Исследовано в России». <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2004/123.pdf>
2. [Технические эмульсии](http://dispergator.h1.ru/tecnic_inf.htm) // dispergator.h1.ru/tecnic_inf.htm.

ПРЯМОТОЧНАЯ ИНФОКОММУНИКАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВОДООБЕСПЕЧЕНИЯ

Канд. техн. наук А.П. Гришин (ГНУ ВИЭСХ),
асп. А.А. Гришин (ВНИЭТУСХ)

Введение

Водоснабжение является одной из важных отраслей народного хозяйства, поскольку обеспечивает многие технологические процессы в промышленности, но, прежде всего, является жизнеобеспечивающей отраслью для всего человечества. Особенно это проявляется в сельскохозяйственном производстве и загородном секторе: дачных и коттеджных поселках.

Рост потребления воды в расчете на одного человека постоянно растет и напрямую связан с прогрессом в жизни человечества. Так до середины XVIII столетия потребность в бытовой воде не превышала 20 л на человека в сутки. Начиная с этого момента и до конца XX столетия потребность в воде выросла до 200 л на человека в сутки. То есть интенсивность роста потребности в воде за последние два с половиной века более чем в 63 раза превысила интенсивность роста за весь предшествующий период [1].

Вот почему важно постоянно совершенствовать и развивать технологии добычи, подготовки и распределения воды. Прежде всего, это касается загородного сектора, поскольку только в 2000 г. мировой объем водозабора в нем составил около 3100 км³ воды, что почти в 3 раза больше чем в промышленности и коммунальном хозяйстве вместе взятых [1].

В среднем для подъема 1 м³ воды из источников (поверхностных – 85% и подземных – 15%) и подачи её потребителю необходимо затратить 0,1 кВт·ч электроэнергии. Это означает, что в 2000 г. на водозабор было израсходовано более 310 млрд. кВт·ч электроэнергии. Для Российской Федерации эта цифра составила почти 25 млрд. кВт·ч (или более 13,2 млрд. руб.). Таким образом, даже при 10%-м снижении потребляемой электроэнергии можно сэкономить более 1 млрд. рублей в год.

Кроме того, водоснабжение загородного сектора имеет свои отличительные черты. Это, прежде всего, существующий уже сегодня высокий уровень автоматизации систем водоснабжения, работающих без участия человека [2].

Другая черта – этой области присущи все характерные особенности автоматизации сельскохозяйственного производства. Связь режимов работы технического оборудования с людьми и животными, потребляющими воду. Многообразие и сложность водопотребляющих процессов, в том числе орошение и водоснабжение фермерских хозяйств, разброс их по большим территориям. Распределение контролируемых параметров по протяженности водопроводных сетей, случайный характер их природы [3].

Третья черта заключается в технологическом многообразии процесса обеспечения водой. Можно поднять воду из скважины и подать её потребителю, используя в качестве буфера водонапорную башню или гидропневмоаккумулятор. А можно использовать насосные станции второго подъема с переменной производительностью, применив ступенчатое регулирование или более точное частотное. То же самое многообразие видим и в случае водозабора из поверхностных источников. Вместе с тем, сегодня в этом секторе более 60% систем – башенные системы с небольшим суточным водопотреблением до 300...400 м³ [3].

Упомянутые особенности определяют характер инноваций при разработке и совершенствовании технологий и техники водоснабжения.

Так, например, высокий уровень автоматизации, многообразие и сложность производственных процессов, распределение контролируемых параметров на большом пространстве требуют применения современных инфокоммуникационных способов управления и контроля, с применением современных частотных электроприводов, компьютерной техники, программируемых контроллеров, протоколов мобильной связи.

То есть автоматизированные инфокоммуникационные технологии водоснабжения за счет более высокой степени развитости автоматизации должны обеспечивать экономию всех видов ресурсов, в том числе электроэнергии.

Прямоточная инфокоммуникационная технологическая схема

Прямоточная инфокоммуникационная технология подъема и подачи воды (рис. 1) состоит из следующих элементов:

- скважин;
- погружных электронасосов;
- инфокоммуникационных устройств управления и защиты электронасосов в составе силовых элементов, контроллера, коммуникационного интерфейса, модема GSM и антенны;
- станции управления и защиты частотно-регулируемого насоса в составе силовых элементов, преобразователя частоты и контроллера;
- технологических датчиков;
- трубопровода;
- удаленного (на центрально диспетчерском пункте – ЦДП) компьютера и модема.

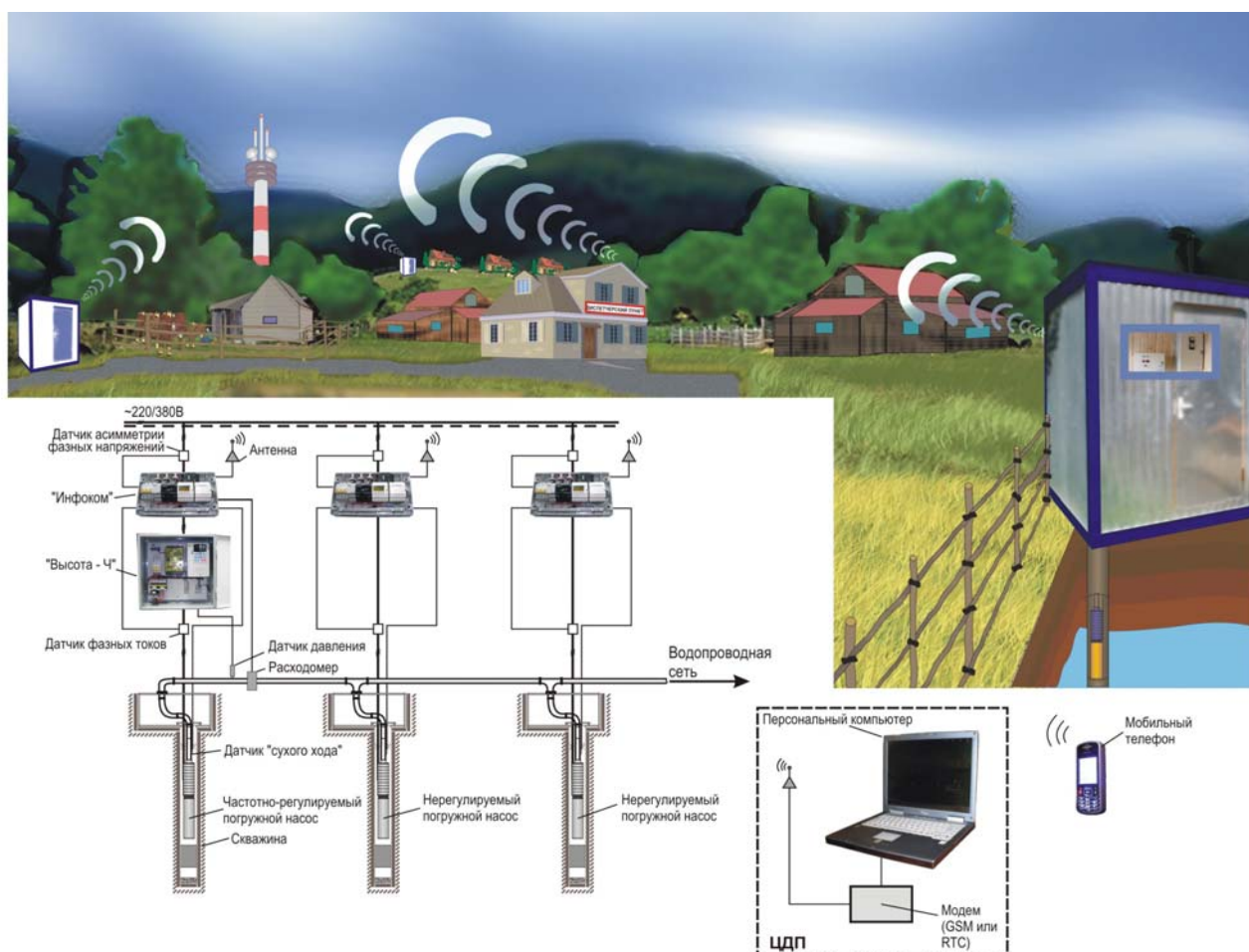


Рис. 1. Прямоточная инфокоммуникационная технология подъема и подачи воды

Преобразователь частоты имеет встроенный ПИД-регулятор, а также два входа для подключения датчика давления.

Контроллер имеет 4 дискретных входа, 4 дискретно/аналоговых входа и 4 релейных выходов и решает следующие задачи:

- по сигналам расходомера корректирует заданное давление стабилизации в функции расхода для обеспечения постоянного давления у потребителя;

– использует реальное суточное время для корректировки давления стабилизации в разных диктующих точках сети и в технологических целях (например, снижение давления в ночное время или в часы проведения каких-либо технических работ, повышение в часы «пик»);

– подключает либо отключает нерегулируемые насосные агрегаты (НЭН) в зависимости от недостаточной либо избыточной производительности регулируемого насосного агрегата (РЭН) со сменой статуса («рабочий» – «резервный») насосов;

– осуществляет ввод в работу дополнительного насоса со сменой статуса по схеме: работающий от преобразователя РЭН переключается на сеть и становится НЭН, к преобразователю подключается дополнительный и становится РЭН, вывод – аналогично;

– анализирует работу и определяет вышедший из строя насосный агрегат;

– переключает на резервный насос;

– по анализу потребления объектами воды и информации от датчиков оставляет в работе один специальный насос малой мощности при снижении потребления воды, при возобновлении потребления производит обратные действия;

– производит переключения агрегатов с обеспечением снижения действий гидроударов в водопроводных сетях;

– по сигналам расходомера корректирует заданное давление стабилизации для обеспечения постоянного давления в разных диктующих точках сети и закон управления преобразователя для согласования характеристик привода и насоса.

Управление осуществляется на основании совокупности данных на входных сигналах контроллера, а также в зависимости от выбранных кнопками на панели контроллера режимов работы контроллера, заранее определенных при его программировании. По сигналам внешних датчиков (например, расходомера), по результатам срабатывания элементов защиты (например, тепловых реле) а также в зависимости от выбранных режимов работы контроллера срабатывают выходные сигналы, которые управляют работой насосной станции в целом и преобразователем частоты в частности.

Коммуникационный интерфейс подключается к контроллеру через встроенный разъем COM-Z и осуществляет двухсторонний дистанционный обмен данных между контроллером и диспетчерским пунктом или управляющим компьютером с помощью подключенного к нему GSM-модема. Интерфейс предназначен для мониторинга или дистанционного управления устройствами, работающими без обслуживающего персонала на удалении, хранит в себе телефонные номера, адреса электронной почты, а также заранее введенные сообщения и условия их отправки. Когда условия отправки достигнуты, сообщение, которое может включать в себя текущие значения величин и параметров работы, отправляется на диспетчерский пункт или мобильный телефон. При обратной отправке сообщения содержат команды управления.

GSM-модем подключается к коммуникационному интерфейсу через встроенный разъем COM-M. Имеет съемный держатель для SIM-карты (типа Micro-SIM). Предназначен для передачи информации, подготовленной коммуникационным интерфейсом, конечному адресату на заранее определенный телефонный номер или адрес электронной почты, которые также заранее записываются при программировании контроллера в коммуникационный интерфейс. Для возможности дистанционной работы с удаленной станцией она должна находиться в зоне покрытия сотовой связью (GSM) и иметь SIM-карту соответствующего оператора сотовой связи с возможностью передачи информации.

ЦДП должен быть оборудован персональным компьютером с модемом (GSM или аналоговым, подсоединенным к городской телефонной сети), соответствующим программным обеспечением.

Основные показатели новизны технологии

1. Подъем воды из подземного источника (естественного резервуара) и подача воды в водопроводную сеть с требуемым потреблением осуществляется по прямоточной технологической схеме с комбинированной компоновкой насосов.

Прямоточная инфокоммуникационная технология подает воду из скважин с переменным расходом и давлением напрямую потребителю. Изменение расхода подаваемой воды согласовано с требуемым переменным расходом потребления, а давление регулируется в функции расхода так, чтобы, компенсируя потери давления в трубопроводе, обеспечить постоянное давление у потребителя, в диктующей точке. Диктующие точки меняются в соответствии с графиком «время-приоритет». Переменная производительность насоса обеспечивается преобразователем частоты питающего напряжения.

2. Стабилизация давления у потребителей согласно технологическому графику с учетом потерь давления на разных участках сети и пространственного положения потребителей в различных диктующих точках приводит к снижению энергозатрат, материальных и водных ресурсов.

Стабилизация давления воды является основным фактором ресурсосбережения. Решение его осложняется тем, что различные потребители в водопроводной сети и технологические процессы, их представляющие, требуют различного постоянного давления, в различное время. Зачастую интервалы времени накладываются друг на друга, а потребители находятся друг от друга на значительных расстояниях. Поэтому при решении вопроса стабильного давления необходимо учитывать приоритетность процессов, их пространственное положение. А это напрямую оказывает влияние на сбережение ресурсов, в первую очередь энергии, трубопроводов и воды. Вопросы снижения материалоемкости и потерь воды рассмотрены в [4, 5]. Оценим энергосбережение.

Существуют два способа стабилизации давления в технологических схемах водоснабжения.

В первом случае давление H_{cm1} стабилизируют на выходе насосной станции. При этом давление задают с учетом его потерь $\Delta H_{пт}$ в трубопроводе, чтобы у потребителя даже при наибольшей величине расхода Q_{max} давление не опускалось ниже заданного значения $H_{зад}$. Во втором случае давление H_{cm2} стабилизируют непосредственно у потребителя. Это достигается либо установкой датчика контроля давления у потребителя, либо корректировкой уставки давления в функции расхода, если датчик установлен на выходе насосной станции, как в первом случае (рис. 2). При этом давление на выходе насосной станции, а следовательно, и создаваемое насосом, меняется по закону

$$H = H_{cm2} + ZQ^2, \quad (1)$$

где Z – гидравлическое сопротивление сети [6].

Очевидно, что мощность электронасоса, следовательно, и потребляемая электроэнергия в первом случае и во втором случае будут иметь различные значения. Оценим эту разницу.

В первом случае мощность численно равна площади прямоугольника ограниченной осями координат и прямыми $H=H_{cm1}$ и $Q=Q_{max}$. Во втором случае – осями, прямой $Q=Q_{max}$ и кривой (1). Значениями КПД пренебрегаем ввиду их незначительной разницы [6]. Запишем выражения мощностей для рассматриваемых случаев.

$$P_1 = \int_0^{Q_{max}} H_{cm1} dQ = H_{cm1} \cdot Q_{max} \quad \text{и} \quad (2)$$

$$P_2 = \int_0^{Q_{max}} (H_{cm2} + ZQ^2) dQ = H_{cm2} \cdot Q_{max} + \frac{1}{3} Z \cdot Q_{max}^3. \quad (3)$$

Определим относительное сокращение мощности насоса при стабилизации давления у потребителя по сравнению со стабилизацией на выходе насосной станции.

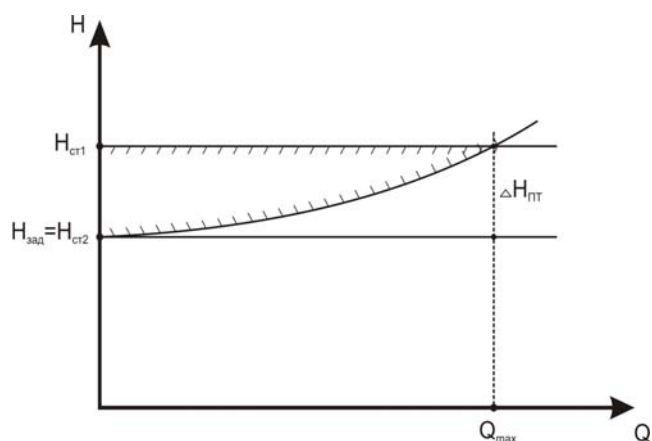


Рис. 2. Способы стабилизации давления в технологической схеме водоснабжения

$$\Delta P\% = \left(1 - \frac{P_2}{P_1}\right) 100\% = \frac{H_{cm1} - H_{cm2} - \frac{1}{3} Z Q_{max}^2}{H_{cm1}} \cdot 100\%. \quad (4)$$

Для определения разности стабилизируемых давлений воспользуемся равенством значений давления в точке пересечения графиков $H = H_{cm1}$ и $H = H_{cm2} + ZQ^2$. Абсцисса этой точки равна Q_{max} .

$$\Delta H_{ПТ} = H_{cm1} - H_{cm2} = ZQ_{max}^2. \quad (5)$$

Сделав преобразования в (4) с учетом (5), получим:

$$\Delta P\% = \frac{2}{3} \frac{\Delta H_{ПТ}}{H_{cm1}} \cdot 100\%. \quad (6)$$

На практике, в среднем, значения давления стабилизации с учетом потерь и потери давления имеют следующие величины: $H_{cm1} = 50$ м в.ст, $\Delta H_{ПТ} = 5$ м в.ст. Окончательно получаем среднюю оценку сокращения мощности и энергозатрат для второго случая стабилизации по сравнению с первым $\Delta P = 6,7\%$.

3. Корректировка закона регулирования напряжения преобразователя при изменении статического давления погружного частотно-регулируемого электронасоса в разных диктующих точках обеспечивает его энергоэкономную работу в безопасном тепловом режиме.

Обеспечение различного давления стабилизации, а значит, и статического давления насоса в зависимости от места диктующей точки в сети позволяет снизить энергопотребление вследствие перенастройки закона управления преобразователя.

При работе преобразователя изменение частоты всегда сопровождается изменением амплитуды выходного напряжения, между которыми существует математическая зависимость. Эта зависимость в практике эксплуатации насосов, работающих без статических давлений (противодавлений), неизменно устанавливается степенной, с показателем, равным двум. Вместе с тем, амплитуда напряжения влияет на потери и нагрев.

Снижение потерь в двигателе является одним из основных вопросов рационального управления частотного привода, заключающегося в оптимальном, по условию минимума потерь, соотношении между амплитудой и частотой напряжения, питающего двигатель в процессе регулирования [7].

Необходимо определить это соотношение для погружного электронасоса, поскольку минимум потерь обеспечит энергоэкономный режим и допустимый нагрев для его безаварийной работы.

М.П. Костенко установил общий закон оптимального управления напряжением:

$$\gamma = \alpha \sqrt{\mu}, \quad (7)$$

где γ, α, μ – соответственно относительные значения напряжения, частоты и момента на валу двигателя (за базовые величины приняты их номинальные значения).

Для нормальной работы механизма с электроприводом необходимо, чтобы механическая характеристика привода $\mu = f(\omega^*)$, где ω^* – относительная частота вращения электродвигателя, соответствовала механической характеристике механизма.

Когда нагрузкой двигателя является вентилятор, момент сопротивления которого зависит от частоты вращения (или от частоты питающего напряжения) в функции квадрата $\mu = \alpha^2$, то согласно (7) закон управления напряжением при вентиляторной нагрузке будет иметь вид:

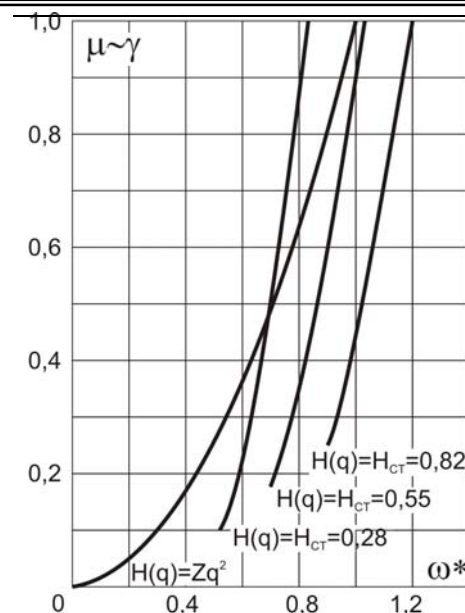
$$\gamma = \alpha^2. \quad (8)$$

Для погружного электронасоса, отличительной особенностью которого является режим работы с большими статическими напорами H_{cm} (противодавлениями), определяемыми той высотой, на которую необходимо поднять воду из глубины скважины до

Рис. 3. Механическая характеристика насоса для различных значений статического напора

места расположения диктующей точки, механическая характеристика будет иметь вид, отличный от вентиляторной (рис. 3). Здесь противодействие H_{cm} выражено в относительных единицах. За базовую величину принято давление насоса H_{on} при расходе, равном нулю.

Поскольку закон управления по (7) предусматривает регулирование напряжения, а следовательно, и потока непрерывно, соответственно изменению нагрузки, можно говорить о прямой пропорциональности напряжения и момента, то есть $\gamma \sim \mu$. Данный факт позволяет говорить об идентичности графиков механической характеристики и закона управления, что и является условием работы двигателя в режиме минимальных потерь и нагрева.



Чтобы это условие было обеспечено для случая, когда механическая характеристика насоса отлична от квадратичной характеристики, необходимо выбрать закон управления напряжением преобразователя согласно (7), где учитывалась бы механическая характеристика насоса работающего с противодействием (рис. 3).

Преобразователь частоты имеет различные виды настроек, в том числе выбор и установку четырех зависимостей $\gamma = \alpha^n$, где $n=1,5; 1,7; 2; 3$, а также произвольной зависимости, задаваемой параметрами, указанными на рис. 3.

Поскольку произвольная зависимость задается двумя линейными графиками, то имеет смысл представить механические характеристики (рис. 4), прямыми вида $\mu = v\omega^* + c$.

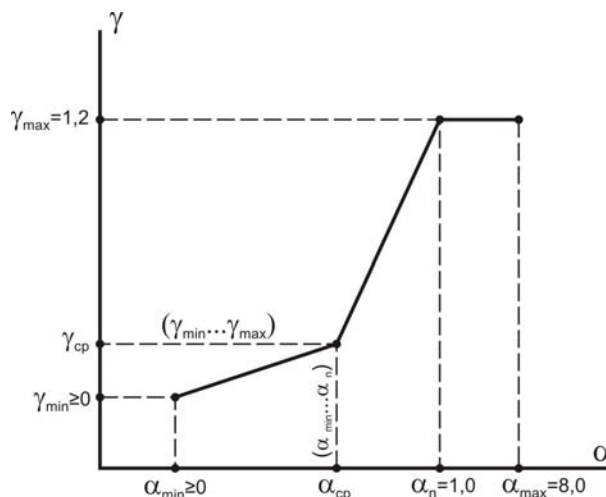
Закон управления напряжением получим следующим образом. Относительная частота вращения определяется соотношением $\omega^* = (\alpha - \beta)$, где $\beta = f_2/f_{1n}$ – параметр абсолютного скольжения, рассматриваемый как промежуточный параметр нагрузки, f_2 – частота ротора [7]. Управление по закону (7) не обеспечивает полный минимум потерь в двигателе при всех частотах. Двигатель будет работать с минимальными потерями, если изменение частоты будет сопровождаться изменением напряжения соответственно моменту нагрузки так, чтобы β имело определенное значение. Это значение находим из условия минимума электромагнитных потерь $\partial P_{эм} / \partial \beta = 0$. В [7] показано, что для практических расчетов абсолютное скольжение можно принять постоянным $\beta = \beta_c \approx S_n$, где S_n – номинальное скольжение. Подставляя в (7) выражение механической характеристики в виде линейной функции и заменяя частоту вращения её выражением через частоту и абсолютное скольжение, получаем:

$$\gamma = \alpha \sqrt{v(\alpha - S_n) - c} \tag{9}$$

Управление по закону (9) обеспечит меньшую величину потерь по сравнению с управлением по закону (8), а, следовательно, и меньший нагрев двигателя.

Коэффициенты v и c в (9) имеют различные значения для различных H_{cm} , поэтому при смене диктующих точек необходимо корректировать закон управления, а значит и эти коэффициенты.

Рис. 4. Задаваемая зависимость $\gamma(\alpha)$ преобразователя частоты



В противном случае электронасос будет работать с завышенными потерями и энергопотреблением.

Оценим численно этот перерасход. Для этого сравним величину потерь для двух режимов электронасоса. В первом режиме при $H_{cm} = 0,82$ и расходе $1,0 \text{ м}^3/\text{ч}$ закон управления напряжением соответствует (8). Во втором режиме закон регулирования при том же противодавлении и расходе соответствует (9). Выполненные расчеты для погружного электродвигателя ПЭДВ1,5-96 показали, что потери во втором режиме снизились в 4,1 раза [9].

Рассчитаем экономию энергопотребления. Она будет определяться относительным сокращением мощности насоса во втором режиме по отношению к первому режиму:

$$\Delta P\% = \left(1 - \frac{P_2}{P_1}\right) 100\%. \quad (10)$$

Отношение мощностей при условии изменения потерь, а значит и КПД электродвигателей для двух режимов будет равно отношению полных мощностей, то есть сумм полезной мощности и мощности потерь:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{P_n + nP_{nom1}}{P_n + P_{nom1}} = \frac{1 + nk}{1 + k}, \quad (11)$$

где $n = \frac{P_{nom2}}{P_{nom1}} = (4,1)^{-1} = 0,24$, а $k = \frac{P_{nom1}}{P_n}$.

Коэффициент k определим из известного соотношения для КПД электродвигателя $\eta = \frac{1}{1+k}$, где η в диапазоне регулирования производительности электронасоса можно принять равным среднему значению, который в свою очередь близок номинальному для данного двигателя, то есть $\eta = \eta_{cp} = 0,8$. Отсюда $k = 0,25$.

Подставляя полученные величины в (10) и (11), рассчитываем экономию электроэнергии $\Delta P\% = \left(1 - \frac{P_2}{P_1}\right) 100\% = 15\%$.

4. Обеспечение алгоритма комбинированного регулирования подачи воды.

Применение в системах водоснабжения комбинированной компоновочной схемы, где совместно с частотно-регулируемым электронасосом и работают нерегулируемые электронасосы разной производительности, позволяет получить дополнительную экономию электроэнергии до 11% по сравнению со схемой, где работает один регулируемый [10]. Экономия достигается за счет перераспределения потоков подачи насосов так, что каждый из них работает в зонах, наиболее возможно максимальных для данных расходов КПД.

5. Передача информации о режимах, в том числе аварийных, технологического оборудования с помощью сотовой связи GSM от скважин на центральный диспетчерский пункт (ЦДП) и мобильные телефоны должностных лиц в виде SMS-сообщений.

Коммуникационный интерфейс, осуществляя дистанционный двухсторонний обмен данными между контроллером и управляющим компьютером с помощью подключенного к ним GSM-модема, позволяет за счет оперативной информации сократить время аварийных простоев оборудования и снизить ущерб.

6. Компьютерная обработка информации, получение на ЦДП оценок режимов функционирования оборудования и расчет критерия оптимальных режимов.

Критерий оптимального режима – минимум затрат на подъем и подачу воды рассчитывается на основе показателей КПД работающих насосов и обеспечивается соотношением их подач.

7. Оперативное управление режимами оборудования в случае отклонения критерия от оптимальной величины и корректировка уставок автоматического управления оборудованием и его защиты с помощью сотовой связи GSM.

По значению расхода инфокоммуникационная система корректирует заданное давление стабилизации для обеспечения постоянного давления в разных диктующих точках сети и технологических целях. Корректирует закон управления напряжением преобразователя, а также подключает либо отключает нерегулируемые насосные агрегаты в зависимости от недостаточной либо избыточной производительности регулируемого насосного агрегата и величины критерия оптимального режима.

8. *Дистанционный запуск и остановка электронасосов, в том числе резервного с помощью сотовой связи GSM.*

Практическая и теоретическая значимость

Определены дополнительные резервы экономии ресурсов.

Электроэнергии:

- За счет стабилизация давления у потребителей с учетом потерь давления на разных участках сети и пространственного положения потребителей в различных, диктующих точках – до 7%.
- За счет корректировки закона регулирования напряжения преобразователя при изменении статического давления погружного электронасоса в разных диктующих точках и, как следствие, снижения потерь и нагрева двигателя – до 15%.
- За счет обеспечения алгоритма комбинированного регулирования подачи в компоновочной схеме «РЭН+НЭН» – до 11%.

Капиталовложений:

- За счет устранения в прямоточной технологической схеме промежуточных емкостей – более 20%.
- За счет применения протокола GSM-связи и снижения затраты на коммуникации более чем в 3 раза.
- За счет устранения избыточных давлений и снижения затрат на трубопроводы – более 6%.
- За счет применения комбинированной компоновочной схемы и использования менее мощных преобразователей частоты – до 8%.

Воды:

- За счет устранения избыточных давлений и сокращения утечек воды – до 4%.

Кроме того, снижаются ущербы ввиду сокращения времени простоя оборудования. Сокращение обеспечивается оперативностью информирования об аварийных ситуациях или предупреждением их с помощью мобильной сотовой связи.

Применение средств сотовой связи (телефон, КПК) обеспечивает мобильность диспетчерского пункта, информированность ответственных лиц независимо от места их пребывания о режимах работы, оперативное управление с помощью мобильного телефона.

Выводы

1. Актуальность создания инфокоммуникационных технологий водоснабжения определяется широким спектром использования воды во всех сферах деятельности человека, особенно в загородном секторе, а также значительной энергоемкостью водообеспечения и сложностью технологий водоснабжения.

2. Новизна полученных результатов заключается в создании технологии и технических средств водоснабжение нового поколения, обеспечивающих:

- значительную экономию материальных и энергетических ресурсов;
- реализацию инфокоммуникационных технологий в водоснабжении;
- повышение эффективности мобильного и оперативного управления.

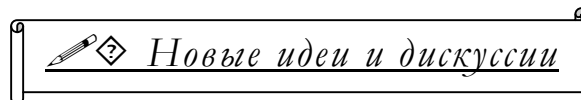
3. Технология позволяет получить дополнительную экономию электроэнергии 33%, капиталовложений более 28%, воды до 4%, материалов на трубопроводы более 6%, стоимости коммуникаций более чем в 3 раза.

4. Применение средств сотовой связи протокола GSM обеспечивает оперативность управления и информирования ответственных лиц. Это приводит к сокращению времени простоя оборудования и снижению ущерба при авариях.

5. Инфокоммуникационная технология водоснабжения внедрена на водозаборном узле ОАО ПЗ «Петровское», обеспечивает надежную подачу воды на животноводческий комплекс, передачу информации об аварийных ситуациях, уровне воды в резервуаре, состоянии насоса, уровне асимметрии фазных напряжений в сети, рабочего тока, потребляемой электроэнергии и сопротивлении изоляции на удаленный ЦДП.

Литература

1. *Лосев К.С.* Вода. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. - 272 с.
2. Концепция автоматизации технологических процессов сельскохозяйственного производства на период до 2010 года. М.: Минсельхозпрод РФ/Россельхозакадемия, 2000. С. 19-20.
3. *Гришин А.П.* Концепция развития основных вопросов автоматизации сельскохозяйственного водоснабжения// Пятый международный конгресс «Вода: экология и технология» Экватэк – 2002. Тезисы докладов. – М.: Сибико Инт., 2002.
4. *Воронин Е.А., Гришин А.П., Рождественский И.В.* Использование системы автоматической стабилизации давления воды в сельских водопроводных сетях // НТБ по электрификации сельского хозяйства, вып. 2 (46). – М.: ВИЭСХ, 1982. С. 71-75.
5. *Воронин Е.А., Гришин А.П., Рождественский И.В.* Использование системы автоматической стабилизации давления воды в закольцованных водопроводных сетях сельскохозяйственного назначения // НТБ по электрификации сельского хозяйства, вып. 3 (52). – М.: ВИЭСХ, 1984. С. 45-51.
6. *Гришин А.П., Гришин В.А.* Коэффициент полезного действия частотно-регулируемого электронасоса // Автоматизация и информатизация электрифицированного сельскохозяйственного производства. Научные труды. Том 89. М.: ВИЭСХ, 2004. С. 118-127.
7. *Булгаков А.А.* Частотное управление асинхронными двигателями. – М.: Наука, 1966. - 300 с.
8. *Гришин А.П.* Влияние законов регулирования преобразователя частоты на ресурсосбережение погружного частотно-регулируемого электронасоса. www.ateweb.ru.
9. Методические рекомендации по выбору оборудования для частотно-регулируемой насосной станции второго подъема с комбинированной компоновочной схемой. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2006. – 68 с.



УДК 53.09

**ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ ТЕМПЕРАТУРЫ
ПРИ ПОСТОЯНСТВЕ ЭНЕРГИИ СИСТЕМЫ¹
(Отчего полюсы веют холодом...)**

Канд. техн. наук **Н.Е. Заев**
(ГНУ ВИЭСХ)

Обосновывается представление о возможности изменений температуры системы на ΔT вследствие изменения теплоемкости на ΔC_p при постоянстве ее энергии из-за косвенного воздействия факторов, имманентных окружающей среде. Это ΔT обеспечивает теплоток ΔQ между системой и средой. Установить, почему холодные массы воздуха устремляются на юг, очень актуально для сельского хозяйства.

* * *

1. В молекулярной физике, учении о теплоте, отстоялись понятия о константах, удерживающих каркас этого учения. Здесь мы рассмотрим теплоемкость рабочего тела как одного из таких понятий с явным намерением доказать возможность изменчивости его значения в ту или другую сторону. И не скрываем своего утилитарного интереса в реализации этого явления, заключающегося в том, чтобы пользоваться частью системы для совершения работы без привычной «платы» за нее. И при этом не преступая каноны классической термодинамики.

2. Начнем с примера, иллюстрирующего привлекательные возможности такого способа отъема энергии. По данным из [1] воздух при 1 атм. имеет C_p (кал/(г·к)):

T	-50°C	0°C	+50°C
C_p	0,24	0,24	0,24

и плотность (г/м³) при:

1°C	2°C	3°C	5°C	7°C	10°C
1288	1284	1279	1270	1261	1247

Внутреннюю энергию газа $U = m \cdot C_p \cdot T$ (m – масса) в дифференциальном виде правомерно (вопреки принятому $C_p = \text{const}$) представить как

$$dU = m \cdot C_p \cdot dT + m \cdot T \cdot dC_p;$$

$$C_v = \left(\frac{dQ}{dT}\right)_v; C_p = C_v + R; \Delta Q = \Delta U + \Delta A; \quad (1)$$

$$R = 8,314 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}.$$

¹ Статья публикуется в авторской редакции.

Полагая $dU = 0$, видим, что $C_p \cdot dT = -T \cdot dC_p$. Покажем на экспериментальных данных, что dC_p фактически реализуется. По [2] теплопроводность газа

$$\aleph = \frac{C_p \sqrt{3RT}}{2\sqrt{2\mu \cdot \sigma \cdot N_0}}, \quad (2)$$

где N_0 – число Авогадро; μ – молекулярный вес; R – газовая постоянная; σ – площадь сечения молекулы. По (2) \aleph должна меняться прямо пропорционально \sqrt{T} , при неизменности σ .

Из [3] для азота имеем

Т, К	80	150	300	600	1000
К, Вт/(м·К)	0,0078	0,0139	0,0257	0,0446	0,065
$\frac{1}{T^2}$	8,94	12,24	17,32	24,49	31,6
$\frac{1}{\frac{T^2}{8,94}}$	1	1,36	1,93	2,73	3,53
$\frac{\aleph_T}{\aleph_{80}}$	1	1,78	3,29	5,72	8,33

Как видим, нет никакого соответствия расчетного значения \aleph_p ее фактическому значению; оно постоянно больше. Однако если принять изменчивость C_p в процессе роста T , именно фактическое ${}_0C_p = C_p \cdot \chi$, то при $\chi = \frac{\sqrt{T}}{8,94} \cdot \frac{\aleph_{80}}{\aleph_T}$ находим

Т, К	150	300	600	1000
%	0,76	0,58	0,47	0,42

Следовательно, теплоемкость азота согласно (2) уменьшается с ростом температуры. Вследствие этого нагрев азота на 1 К требует меньше тепла, чем при $C_p = \text{const}$, а значит и при охлаждении на 1° азот отдает меньше тепла, чем при $C_p = \text{const}$ (если считать $\aleph(T)$ достоверным).

Имеются экспериментальные подтверждения о ΔC_p , о $\Delta \aleph$. Так, смесь $\text{CO}_2\text{-N}_2$ при освещении лазером охлаждается на 0,2°. Причина, как полагают, перераспределение энергии между колебательными и поступательными степенями свободы [4]. Здесь очевидно имеем $+\Delta C_p$.

Из (1) следует $dT = -T \cdot \frac{dC_p}{C_p}$ при действии некоторых, назовем их «активными»,

факторов:

$$dT < 0 \text{ при } dC_p > 0;$$

$$dT > 0 \text{ при } dC_p < 0.$$

Для оценок приемлемо (1) в таком виде:

$$\Delta T = -T_1 \cdot \frac{\Delta C_p}{C_p}. \quad (3)$$

При $T_1 \sim 300 \text{ К} \pm \Delta T = 1 \text{ К}$ соответствует изменению теплоемкости на $\frac{\Delta T}{T_1} = \frac{\Delta C_p}{C_p} \sim 3,3 \cdot 10^{-3}$, т.е. на 0,33%.

Для воздуха (1 м^3) охлаждение (нагрев) на 3° , от 10°С до 7°С (от 7°С до 10°С) должно сопровождаться изменением плотности на $\pm 14 \text{ г/м}^3$, т.е. на 1,1% и C_p на $\pm 9,9 \cdot 10^{-3} \cdot 0,24 \text{ кал/(г} \cdot ^\circ\text{С)} = 0,002376 \text{ кал/(г} \cdot ^\circ\text{С)}$. Эта величина ΔC_p – в пределах точности измерений значений C_p , приводимых в [1, с. 1048]. Столь незначительное изменение теплоемкости в этом почти изобарном процессе, экспериментальное обнаружение которого на пределе возможностей опыта, приводит к значимому, в практическом смысле, изменению температуры. Очевидно, имея $+\Delta T$, этот квазинагревшийся (ибо он «сам себя нагрел») 1 м^3 можно теперь охладить тем же воздухом, его окружающим, до 7°С , отобрав у него тепло $\Delta Q \approx 0,24 \cdot 1254 \cdot 3 = 902,88 \text{ кал} = 3780,18 \text{ Дж}$; $+\Delta T = 1 \text{ К}$ дает с 1 м^3 воздуха $Q \approx 1260 \text{ Дж}$ (из таблиц: $1261(7^\circ\text{С}) + 1247(10^\circ\text{С}) = \text{ср. } 1254$).

Этот воздух, охладившись до $+7^\circ\text{С}$, будет далее отбирать – виртуально – тепло от среды ввиду возврата теплоемкости (полагая «выключенными» активные факторы) к ее исходному уровню $0,24 \text{ кал/(г} \cdot ^\circ\text{С)}$ и в этом процессе релаксации к этому 1 м^3 притечет еще выбранное нами тепло ($3780,18 \text{ Дж}$). Об активных факторах для $\pm \Delta C_p$ речь пойдет ниже.

3. Если же допустить $-\Delta T$ как следствие локального $+\Delta C_p$, возникающего под действием активных факторов, – заморозки и иные ΔT и вообще изменения температур квазидиабатических систем становятся и объяснимыми и, может быть, управляемыми. В изменениях ΔT активные факторы обычно затеняются привычными причинами, но иногда они могут быть определяющими.

В интересующем нас аспекте надо учитывать остающиеся в тени особенности классических процессов термодинамики.

1) В изотермических процессах теплоемкость – по определению – может принимать значения от $-\infty$ до $+\infty$, ибо $C = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$, тогда при $\Delta Q > 0$

$$C = \lim_{\Delta T \rightarrow 0} \frac{\Delta Q}{\Delta T} = \pm \infty. \quad (4)$$

2) В адиабатическом процессе, когда $\Delta Q \rightarrow dQ \rightarrow 0$

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T} = 0, \quad (5)$$

т.е. нулевая теплоемкость присуща системам и телам, испытывающим адиабатные изменения [2]. Несмотря на такую крайнюю идеализацию, это утверждение эвристично, несмотря на трудности реализации такого адиабатного процесса. В политропических процессах возможны ситуации с отрицательной теплоемкостью [4, с. 55]:

$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T} < 0$, когда поглощение теплоты сопровождается понижением температуры, когда работа $p dV$ больше поглощенной теплоты.

4. В тепловых расчетах постоянно оперируют с теплоемкостями C_p и соотношением $C_p - C_v \equiv R$; постоянная Больцмана $k = \frac{R}{N_0} = (1,38044 \pm 0,00007) \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$, R – газовая постоянная = $8,314 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$. Из [5] N_0 – постоянная Авогадро = $(6,023 \pm 0,00016) \cdot 10^{-26} \text{ К} \cdot \text{моль}^{-1}$ по химической шкале. В [2] $N_0 = (6,022169 \pm 0,000040) \cdot 10^{23} \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} = [6,022169 \cdot 10^{23} \pm 40 \cdot 10^{17}] \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1}$. R – это работа изобарного расширения газа при его нагреве на 1 К.

5. Постоянная Больцмана, фактически, ни что иное как работа – (весьма и весьма) усредненная – изобарного расширения газа, совершаемая одной молекулой:

$$k \equiv \frac{R}{N_0} \equiv (1,38044 \cdot 10^{-23} \pm 7 \cdot 10^{-28}) \frac{\text{Дж}}{\text{К}}.$$

В значениях N_0 , как видим, неопределенности начинаются после шестого знака, т.е. $\tilde{N}_0 = 40 \cdot 10^{17}$ атомов (молекул) в 1 моле могут в нем быть, а могут и не быть.

Разумеется, это скажется и на значениях k , C_p и т. д. Эти величины, хоть и константы, переменны; учесть, однако, их вклад в итоговое C_p не представляется возможным на современном уровне эксперимента. Соответственно и значения k после пятого знака неопределенны. Эти «мелочи» обычно обходят вниманием. Но если иметь в виду дебаевскую теорию теплоемкости, где $\Theta = \frac{h\nu_m}{k}$ – дебаевская характеристическая температура, h – постоянная Планка = $(6,62517 \cdot 10^{-34} \pm 23 \cdot 10^{-39}) \text{ Дж} \cdot \text{сек}^{-1}$ – играет определяющую роль, эти «мелочи» ($\pm 23 \cdot 10^{-39} \text{ Дж} \cdot \text{сек}^{-1}$) перестают быть таковыми:

$$\frac{d\Theta}{\nu_m} = \frac{dh}{k} - \frac{h}{k^2} dk. \quad (6)$$

$$\frac{d\Theta}{\nu_m} = \frac{\pm 2,3 \cdot 10^{-38}}{1,38044 \cdot 10^{-23}} \mp \frac{6,62517 \cdot 10^{-34}}{1,906 \cdot 10^{46}} \cdot 7 \cdot 10^{-28} = \pm 1,66 \cdot 10^{-15} \mp 2,43316 \cdot 10^{-15}$$

$$\text{а) } = \mp 0,773 \cdot 10^{-15} \quad \text{б) } = \pm 4,093 \cdot 10^{-15}.$$

Следовательно,

$$\Delta\Theta_u = \pm 0,773 \cdot 10^{-15} \nu_m \quad \Delta\Theta_{\bar{\nu}} = \pm 4,903 \cdot 10^{-15} \nu_m. \quad (7)$$

Например, при $\frac{h\nu_m}{kT} \sim 10$, $T = 300 \text{ К}$, $\nu_m = 6,25 \cdot 10^{13} \text{ сек}^{-1}$ и

$$\Delta\Theta_u = \pm 6,25 \cdot 10^{13} \cdot 0,773 \cdot 10^{-15} = \pm 4,83 \cdot 10^{-2} \text{ К} = \pm 0,0483 \text{ К}$$

$$\Delta\Theta_{\bar{\nu}} = \pm 6,25 \cdot 10^{13} \cdot 4,093 \cdot 10^{-15} = 25,58 \cdot 10^{-2} = 0,26 \text{ К}.$$

По Дебаю [6] при некоторых предположениях, теплоемкость, если N – число атомов

$$C_v = 9N \cdot k \left(\frac{T}{\Theta} \right)^3 \int_0^{\Theta} \frac{x^4 \cdot e^x}{(e^x - 1)} dx; \quad x = \frac{h\nu}{kT}, \quad (8)$$

и при $\frac{\Theta}{T} > 24$

$$C_v = 77,93 \left(\frac{T}{\Theta} \right)^3, \quad (9)$$

т.е.

$$dC_v = -77,93 \cdot \left(\frac{T}{\Theta} \right)^2 \cdot 3 \cdot \frac{T}{\Theta^4} d\Theta. \quad (10)$$

Как видим, вклад $\frac{dC_v}{d\Theta} = 1,55 \text{ К}$ в C_v очень значим. А ведь этот «флуктуационный» вклад (когда dh и dk «синфазно» обеспечивают максимум $+\Delta\Theta$ или только $-\Delta\Theta$) нигде не принимается во внимание. Спектр частот (т.е. «х») определяется и температурой, и активными факторами: полями векторов электрических, магнитных, гравитационных, центробежных. Обратим внимание на то, что в (8) C_v отнюдь не линейно зависит от N : размеры системы влияют на уровень ν_m .

6. Основной постулат кинетической теории газов таков: ни одна из поступательных степеней свободы молекулы не имеет преимуществ перед остальными, на каждую из них должна приходиться в среднем одинаковая энергия $E = \frac{1}{2} kT$. Ясно, что наличие активных факторов делает этот постулат кинетической теории неясным. Так, наличие гравитационного поля делает ось OZ (вертикаль) неравноценной с осями OX , OY (горизонталы). То же и в случае наличия векторов \vec{E} , \vec{B} (электрического, магнитного) полей. «Выключив» полностью одну степень свободы, уменьшаем теплоемкость на Δ ($\frac{1}{2} kT$)/

У одноатомных газов три степени свободы, и для них $C_p = \frac{5}{2} R$, $C_v = \frac{3}{2} R$; у двухатомных соответственно $\frac{7}{2} R$ и $\frac{5}{2} R$. И многоатомные $3R_v$ и $C_p = 4R$. Вполне понятно, что усложнение молекулы или ассоциата их, появление их ансамбля («РОЯ») изменит теплоемкость в сторону увеличения. О причинах ассоциирования, «роения» соображения могут быть самые различные, но, прежде всего, энергетические. Система стремится к минимуму своей энергии.

Известно, что в магнитном поле, вследствие ларморовской прецессии электронов, их кинетическая энергия изменяется на $h \cdot \nu_L$, если ν_L - ларморовская частота прецессии

$$\Delta\nu_c = \pm \frac{1}{4\pi} \cdot \frac{e}{m} \cdot B = 1,4 \cdot 10^{10} \frac{A \cdot \text{сек}}{кг} B, \quad (11)$$

где e – заряд; m – масса электрона; B – магнитная индукция, Тл. Наличие $\Delta\nu_L$ в атоме и молекуле неизбежно повлияет на частоты ν в (8), т. е. на теплоемкость системы в магнитном поле.

В сильных электрических полях спектральные линии тоже расщепляются (эффект Штарка, 1913 г.). Появление момента вызывает прецессию. И не только: он вызывает и упорядочение в структурах. Магнитное поле Земли имеет напряженность у полюсов $\sim 0,7$ э (55,7 А/м), у экватора 0,42 э (33,4 А/м). Полюса магнитные отстоят от географических на $11,5^\circ$.

7. Давно известны магнетокалорические эффекты – изменение температуры магнетика (вещества в магнитном поле, кроме диамагнетиков) при его намагничивании (Н) или размагничивании (Р). Если М – намагниченность, то $\Delta T = \frac{\left(\frac{\partial M}{\partial T}\right)_{p,H}}{C_{p,H}} \Delta H$.

Поскольку $C_{p,H}/T > 0$ всегда (15). $\Delta T < 0$ (охлаждение) или нагрев ($\Delta T > 0$) обусловлено знаком частной производной $\frac{\partial M}{\partial T}$ и знака ΔH («-» при Р, «+» при Н). В [9], если C_M – удельная теплоемкость намагниченного вещества, Н – напряженность магнитного поля

$$dT = \frac{\Theta'}{2C^H \cdot C_M \cdot \sigma} d(M^2) - \text{ниже точки Кюри } \Theta'. \quad (12)$$

Если говорить о твердых веществах, то интереснее ферромагнетики, из газов – кислород особенно, из растворов – треххлористый кобальт.

Для кислорода: $C_p = 29,27 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$; $C_v = 20,5 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$; магнитная восприимчивость $\chi = 107,8 \cdot 10^{-9}$ м³/кг при 20°C, $M = \chi H$. Эта же восприимчивость водорода – $1,986 \cdot 10^{-9}$ м³/кг, хлора – 0,57, азота – 0,427, закиси азота +48,7 (N₀), ксенона – 0,33.

Есть основания полагать, что **взаимодействие молекулярного кислорода с магнитным полем может обеспечить $\pm \Delta T \sim 5 \div 60^\circ$** .

Влияние этого поля на C_v , C_p происходит через изменение $\pm \Delta v$ в (8); это влияние можно трактовать не иначе как сдвиг кривой распределения v в (8) влево или вправо. Это более справедливо для веществ слабо парамагнитных. Для кислорода же значим и магнетокалорический эффект.

В доступной литературе нами не обнаружены результаты измерений магнетокалорических явлений в газах.

Малость восприимчивости и кислорода, и магнитного поля вовсе не обуславливает малости ΔC при их взаимодействии. Как известно, калорические эффекты (магнитные, электрические) в твердых телах проявляются почти мгновенно, ввиду очевидной близости атомов.

Предположив **возможность возникновения в газе (O₂) подобных пространственных ансамблей**, сразу становится понятной и **возможность больших именно + ΔC** (т. е. роста теплоемкости) и необходимость особых условий для возникновения и сохранения этих ансамблей, аналогов доменов (назовем их газокластерами). Не исключены и водородные связи с O₂, образующие цепочку ...H₂ – O₂... Первое условие – длительное нахождение в поле, второе – состояние «покоя» – неподвижность относительно поля.

Эти условия обеспечивают высокую вероятность и возникновения, и стабильности газокластеров, структурирование газа, если иметь в виду эту необходимость из-за больших расстояний между молекулами, чем, например, между атомами железа.

Моли O_2 занимают объем 22,4 литра, и потому 1 молекула - куб с ребром

$$a = \sqrt[3]{\frac{22,4}{6,025 \cdot 10^{23}}} = 3,34 \cdot 10^{-7} \text{ см} = 33,4 \cdot 10^{-8} \text{ см.}$$

В воздухе же 1 моль O_2 занимает объем в 5 раз больший, так что фактически среднее значение

$$a = 33,4 \cdot 10^{-8} \cdot \sqrt[3]{5} = 33,4 \cdot 10^{-8} \cdot 1,709 = 57,09 \cdot 10^{-8} \text{ см.}$$

Потому усредненное отстояние молекул кислорода воздуха $r = a$. Известно, что сила взаимодействия магнитных диполей F обратно пропорциональна квадрату взаимности их.

В нашем случае эти силы относятся как $\frac{F_1}{F_2} = \frac{\mu_1 \cdot r_2^2}{\mu_2 \cdot r_1^2}$, если магнитная проницаемость μ_2 , $\Theta_2 \sim 1$, а начальное μ_1 железа $\sim 10^2$, $r_1 = 2,27 \cdot 10^{-8}$ см, $r_2 = 57,09 \cdot 10^{-8}$ см, то $\frac{F_1}{F_2} \sim 633 \cdot 10^3 = 6,33 \cdot 10^5$. Из этого следует, что и длительность «промагничивания» O_2 в воздухе будет приблизительно во столько же раз более длительной, чем в железе.

Из опыта известно, что железный магнитопровод промагничивается (или размагничивается) до последнего мм³ за многие минуты.

Для структурирования необходимо выполнение элементарного условия: $F \cdot \delta r > kT$. Эти оценки подтверждают необходимость условия - крайнюю медленность процесса формирования газокластеров. В связи с этой гипотезой газокластеров могут быть объяснены нередкие жалобы **полярников на «нехватку» кислорода**. А как же иначе, если вместо одиночных молекул O_2 там витают рои $[O_2]$ и $i \sim 10-100$, которые естественно не поглощаются легкими... В газах с малой магнитной восприимчивостью магнитное (или иное) поле может содействовать «роению» (структурированию). Поэтому кинетика становления или распада газокластеров может быть изучена на основе глубоко продуманного эксперимента. Намагниченность будет возрастать медленно, и в строго адиабатных условиях (безветрие) температура будет изменяться в течение десятков минут. Видимо, неучет этой особенности и привел к тому, что магнетокалорические измерения в газах не описаны. Это и неудивительно, если иметь в виду малость магнитной восприимчивости газов. Тем не менее, роль магнитного поля в генерации холода, т. е. повышении C_p кажется неустранимой, если обратить внимание на близкое соседство магнитного полюса и «полюса» холода Земли.

Парадоксально следствие излагаемой теории: **«холод» с севера? двигаясь к экваториальным широтам, несет туда тепло по мере снижения C_p** . Схематично можно объяснить таким циклом:

$$\begin{array}{c} \text{скрытая энергия} \\ \underline{N} \mid C_p \rightarrow C_{p+\alpha} \rightarrow C_p \mid \text{юг} \\ \text{магнитное поле} \end{array}$$

«Кислород в воздухе, это — то же, что железо в Земле».

М. Фарадей

8. Отсутствие каких-либо экспериментов по влиянию магнитного поля на газы привело нас к попытке использовать результаты М. Фарадея полуторавековой давности [7]. Занимаясь «атмосферным магнетизмом», он выдвинул и обосновал предположение о том, чем обусловлены вариации температуры всей толщи атмосферы. Современная наука о геомагнетизме нашла иные причины вариаций и оставила фарадеевские представления. Его работы для нас представляют практический интерес оттого, что в них содержатся целые массивы результатов многолетних наблюдений за вариациями ΔB (магнитных) и одновременно сопутствующих ΔT во многих точках земного шара [7].

Представлены измерения в Торонто, усредненные за 4 года, по месяцам и часам, за август и декабрь. Из таблиц взяты ΔB по часам; а именно изменение полной величины $B_0 = 13,9$, в долях от B_0 . Таким образом, там ΔB фактически это $\frac{dB}{B_0} \cdot 10^2 / \text{час} = \frac{d}{dt} \cdot 10^2$; очевидно, что абсолютное изменение за 1 час $\Delta = \Delta B \cdot B_0 \cdot 10^2$. Зна-

чения ΔB даны как 0,00064, « $\Delta B = 64 \cdot 10^5$ » от B_0 , за 1 час, как скорость $\frac{d[T_1]}{dt} = \frac{\partial B}{\partial t}$. Естественно образовать и $\Delta B_2 - \Delta B_1$, «вторую разность», вторая производная $\frac{\partial^2 B}{\partial t^2} \cdot 10^{-5}$.

Запись в виде частной производной удобная ввиду ее роли как аргумента в зависимости $T = f(B)_p$. Современное для Торонто значение $B_0 = 0,65 \cdot 10^{-4}$ Тл (« B_0 » по Фарадею - «полная сила» магнитного поля, в современном написании $B_0 = \sqrt{H^2 + Z^2}$).

Табличные данные по ходу ΔB и T были сведены в виде кривых ΔB , $T(t)$, $\Delta T(t)$; ось t для $\Delta T(t)$ сдвинута влево на 2 часа умышленно относительно хода $\Delta B(t)$ из-за уже обсуждавшейся «инерционности» ΔT и с целью ее большей идентификации. Четкая корреляция хода $\Delta B(t)$ и $^{\circ}\text{C}$ очевидна, как и их приблизительно 2-х часовое взаимоотношение; опережает ΔB , значит, оно и задает $^{\circ}\text{C}(T)$: спад ΔB обуславливает спад T и наоборот.

Более отчетливо связь ΔB с T проявляется на кривой $\Delta^{\circ}\text{C}$, (ΔT), в течение суток, особенно в первой половине, когда роль Солнца еще не искажает ход процесса.

Разумеется, этот сдвиг по фазе связан с процессом «роения» - «дероения» и масштабом - объемом воздуха; интервал $t_2 - t_1$ может варьироваться. Подъем ΔB от $37 \cdot 10^{-5}$ до $80 \cdot 10^{-5}$ повлек через 2 часа спад ΔT на $-2,78^{\circ}\text{C}$, а спад ΔB от $80 \cdot 10^{-5}$ до $4,2 \cdot 10^{-5}$ вызвал рост T на $+3^{\circ}$.

Полагаем, этих экспериментальных результатов достаточно, уже чтобы считать доказанным на полуколичественном уровне зависимость C_p воздуха от изменения индукции земного магнитного поля.

Нелишне отметить, что вся энергия магнитного поля в 1 м^3 ($B_0 \approx 0,65 \cdot 10^{-4}$ Тл) газа

$$A = \frac{1}{2} B \cdot H \approx \frac{1}{2} \cdot 0,65 \cdot 10^{-4} \cdot 28 \frac{A}{m} = 11,43 \cdot 10^{-4} \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3},$$

и, очевидно, она как таковая при своих колебаниях из-за вариаций $\frac{\partial B}{\partial t}$ не совершает никакой работы над газом. Потому и его энергия остается практически неизменной (как уже не раз указывалось) при значимых изменениях его температуры. Снижение температуры ночью начинается с 3-4 часов и достигает низшего уровня в 5,5-7 часов.

Вышеупомянутое условие структурирования $F \cdot \delta r > kT$ выполнимо, очевидно, тем вероятнее, чем ниже температура. Следовательно, роль dT становится в общем изменении T тем значимее, чем ниже T . Потому в летнее время полюса почти не «генерируют холода»: $F \cdot \delta r \leq kT$. Но с наступлением полярной ночи, когда нагрев Солнцем почти исчезает, вступает условие $F \cdot \delta r \geq kT$, вплоть до $F \cdot \delta r \gg kT$. Это можно трактовать и с классических позиций парамагнетизма, когда восприимчивость

$$\chi = \frac{C_K}{T - T_W},$$

где C_K - постоянная Кюри; T_W - постоянная Вейсса.

В лабораториях и производственных условиях $\frac{\partial^2 B}{\partial t^2}$ можно регулировать в широких пределах при постоянстве T_0 окружающей среды. Отчего ΔT может быть значимым. В природе же, ввиду ограниченности по B_0 максимум ΔT не более $-50^\circ \div 70^\circ$. Отметим, что при $B_0 = \text{const} \gg 10^{-4}$ Тл, возникшее $-dT$ при включении B_0 , постепенно исчезнет из-за неустранимого теплообмена со средой; то же - при выключении, когда будет наблюдаться $+\Delta T_0$.

Выводы

1. Теплоемкость тела подвержена изменениям и флуктуационной природы, и под действием внешних активных факторов - векторных полей.
2. Изменение теплоемкости на ΔC сопровождается изменением температуры рабочего тела на ΔT в адиабатных условиях.
3. Создание $-\Delta C$ в рабочем теле обусловит $+\Delta T$ в нем, с возникновением потока тепла $-\Delta Q$ от тела в окружающую среду.
4. После достижения $+\Delta T \rightarrow 0$ из-за теплоотдачи и прекращения действия активных факторов, $\Delta C \rightarrow 0$, рабочее тело охлаждается, отбирает тепло ΔQ от окружающей среды с T_c .
5. Отличительной особенностью процессов $\pm \Delta C(t)$ для газов-парамагнетиков в векторных полях является относительная медленность, запаздывание $\Delta T(t)$ от хода $\Delta B(t)$.
6. Медленность становления или спада ΔC_p вызвана замедленностью процессов структурирования воздуха («роения», агрегирования), обусловленных наличием и изменением во времени или пространстве векторного поля (магнитного, электрического и т. п.) и происходящих из-за взаимодействия молекул без значимого вклада энергии поля.

7. Предлагаемое представление о $\pm\Delta C$ в векторных полях, подтвержденное измерениями ΔT при вариациях ΔB земного магнитного поля, в дополнение к существующей климатологии, позволяет объяснить заморозки, морозы, генерацию холода на полюсах и приток тепла в средние широты от полюсов, **когда уходя от полюсов $\Delta C \rightarrow 0$, $[C_p \cdot \alpha] \rightarrow C_p$, когда «холод» становится «теплом».**
8. Изложенное позволяет прогнозировать заморозки по величине $\frac{\partial^2 B}{\partial t^2}$ в 0, 1, 2, 3 часа по местному времени и T_c воздуха в это время. Именно, если расчетное $|\Delta^\circ C| > T^\circ C$, то заморозок в 5-6 часов высоко вероятен. Движение потоков, завихрения, турбулентность эффективно **разрушают $+\Delta C$, $[C_p \cdot \alpha] \rightarrow C_p$, отчего воздух - газ - «теплее», «мороз» ослабляется.**

P.S. Из-за того, что **именно кислород обладает столь ожидаемыми уникальными свойствами**, т. е. может нагреваться обратимо, в принципе, не нужно спецоборудование, точные приборы, уникальные тепловые измерители. Нужно только создать уединенный объем, в котором кислород ($\approx +N_2$) и должен находиться в течение нескольких дней. Объем этот может быть от нескольких литров до многих кубометров.

Лучше всего подходит Верхоянск или ближние окрестности. И там построить из бруса камеры по, скажем, $3 \times 3 \times 5$ м, 3 шт. (общий объем каждой камеры $\sim 45 \text{ м}^3$). Камеры герметично заизолированы полиэтиленом или лавсановой пленкой (ПЭТФ). Они заполнены газом: кислород $+N_2$, аргон, азот. Помещаются они рядом, друг возле друга, в сезон, когда температура будет максимально низкой. Наблюдение ведется через каждые 1÷-3 часа. Тогда температура будет: «воздух» - T_1 , «кислород» - T_2 , «азот» - T_3 , «аргон» - T_4 . Через 5-8 суток наблюдения за **низкой T_2** последуют «воздух», «аргон», «азот» - T_1, T_4, T_3 .

Литература

1. Taschenbuch für Chemiker und Physiker. Berlin, 1943.
2. Яковлев В. Ф. Курс физики. Теплота и молекулярная физика. М.: Просвещение, 1976.
3. Физические величины. М.: Энергоатомиздат, 1991.
4. Гордиенко и др. // ЖЭТФ, 1977. Т. 73, вып. 3(9). С. 874-883.
5. Международная система единиц. М.: Высшая школа, 1964.
6. Задачи по физике твердого тела. М.: Наука, 1976. С. 34.
7. Фарадей М. Экспериментальные исследования по электричеству. Т. II. М.: АН СССР, 1959.