

ISSN 0131-5277

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК

ВЕСТНИК

ГОСУДАРСТВЕННОГО НАУЧНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
ВСЕРОССИЙСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

ЭНЕРГЕТИКА
И ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ
В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

К 80-летию ВИЭСХ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Под редакцией
академика РАСХН Д.С. Стребкова

Выпуск 1(5)

Москва 2010

УДК 631.371

ВЕСТНИК Государственного научного учреждения Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства / Под ред Д.С. Стребкова. Выпуск №1(5)/2010. Серия «Энергетика и электротехнологии в сельском хозяйстве». – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2010. – 172 с.

ISSN 0131-5277

Рецензенты: к.т.н. Л.К. Алферова, д.ф.-м.н. А.И. Захаров, к.т.н. Б.П. Коршунов, к.т.н. В.В. Малышев, Г.Н. Метлов, д.т.н. А.М. Мусин, акад. РАСХН Д.С. Стребков, к.т.н. В.В. Харитонов, член-корр. РАСХН Ю.А. Цой, д.х.н. Ю.М. Щекочихин.

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.т.н. 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 Е.В. Халин, член-корр. РАСХН Ю.А. Цой, д-р хим. наук Ю.М. Щекочихин.

ISSN 0131-5277

© ГНУ ВИЭСХ, 2010

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Стребков Д.С., Молоснов Н.Ф., Харитонов В.П.</i> Роль ВИЭСХ в модернизации энергообеспечения и электротехнологий сельского хозяйства (к 80-летию института).....	5
<i>Краусп В.Р.</i> К 100-летию со дня рождения основоположника науки по электроснабжению, электрификации и автоматизации сельского хозяйства, академика Россельхозакадемии И.А. Будзко.....	13
<i>Свентицкий И.И., Молоснов Н.Ф.</i> Творческое наследие академика ВАСХНИЛ М.Г. Евреинова – первого директора ВИЭСХ.....	20
<i>Халин Е.В.</i> История и результаты исследований по электробезопасности (к 80-летию ВИЭСХ).....	29
<i>Эбина Г.Л.</i> Методы оценки эксплуатационной надёжности электрических сетей.....	35
<i>Гришин А.П.</i> История развития научных исследований в лаборатории водоснабжения ВИЭСХ.....	42
<i>Шевцов В.В., Шевцов В.В.</i> Интенсификация пастбищного животноводства.....	50
<i>Карташов С.Г.</i> Развитие исследований ВИЭСХ по комплексной электромеханизации приготовления комбикормов в хозяйствах.....	61
<i>Стребков Д.С., Королев В.А., Молоснов Н.Ф., Топорков В.Н.</i> Электрифицированная система в растениеводстве – направление технологической модернизации сельского хозяйства. История и перспективы.....	67
<i>Лямцов А.К., Малышев В.В.</i> Алгоритм и программа расчета облучательных установок с энергосберегающими источниками для защищенного грунта.....	82
<i>Свентицкий И.И., Гришин А.П.</i> Всеединство знаний – путь к сохранению человечества.....	87
<i>Свентицкий И.И., Алхазова Е.О., Обыночный А.Н.</i> Детерминизм энергоинформационного единства метрологий: светотехнической, оптико-физической и эксэргетической.....	97
<i>Стребков Д.С.</i> Об электроэнергетике, основанной на незамкнутых электрических токах....	105
<i>Трубников В.З.</i> Полуволновые линии передачи электроэнергии на резонансных трансформаторах Тесла.....	107
<i>Стребков Д.С., Некрасов А.И., Трубников В.З.</i> Исследование резонансного метода передачи электрической энергии по технологическим трубопроводам.....	116

<i>Борисов Ю.С., Некрасов А.И., Некрасов А.А.</i> Обоснование сроков обследования и ремонта подшипниковых узлов электродвигателей.....	120
<i>Сырых Н.Н., Осипов С.Б.</i> Оценка загрузки электромонтеров оперативной службы при случайном потоке требований на обслуживание.....	130
<i>Шеповалова О.В.</i> Математическое моделирование комплексных систем энергообеспечения сельских зданий.....	138
<i>Гусаров В.А.</i> Принципы оптимизации параметров лопасти ветроколеса.....	142
<i>Серебряков Р.А., Степанов А.П., Стехин А.А.</i> Применение структурированной воды в сельскохозяйственном производстве.....	147
<i>Серебряков Р.А., Степанов А.П., Стехин А.А.</i> Композиционное топливо для сельского хозяйства.....	152
<i>Цой Ю.А., Тесленко И.И., Башиева Р.А.</i> Экспериментальные молочные фермы промышленного типа.....	158
<i>Цой Ю.А., Тесленко И.И., Башиева Р.А.</i> Двухлинейный кормовой конвейер.....	163
<i>Расстригин В.Н., Тихомиров Д.А.</i> Создание и применение систем и технических средств электрификации тепловых процессов в сельскохозяйственном производстве.....	168
 Информация	
Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве..... (7-я Международная научно-техническая конференция, Москва, ГНУ ВИЭСХ, 18–19 мая 2010 г.)	172

РОЛЬ ВИЭСХ В МОДЕРНИЗАЦИИ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ И ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЙ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА (к 80-летию института)

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

Планирование развития электрификации России началось в 1920 г., когда под председательством академика Г.М. Кржижановского был разработан и принят VIII Всероссийским съездом советов в декабре 1920 года государственный план электрификации России (план ГОЭЛРО) – научно-обоснованный комплексный план восстановления и развития экономики страны на основе электрификации, включая сельское хозяйство.

До 1930 г. научные исследования по сельской электрификации проводились разрозненно, в электротехнических журналах того времени были отдельные статьи зарубежного опыта электрификации.

Планомерное научное обеспечение развития сельской электрификации началось в 1930 году.

В связи с огромным значением электрификации сельского хозяйства в деле его реконструкции и полной неизученностью вопросов применения электричества в сельском хозяйстве Коллегия Народного комиссариата земледелия СССР 28 марта 1930 г. признала необходимым организовать в системе Академии сельскохозяйственных наук Научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства. Основная цель создания института – реализация плана ГОЭЛРО и в дальнейшем научное обеспечение развития инженерно-технической системы АПК в области сельской энергетики, электрификации и электромеханизации технологических процессов [1, 2]. Одним из организаторов и первым директором ВИЭСХ был участник разработки плана ГОЭЛРО профессор М.Г. Евреинов (впоследствии академик ВАСХНИЛ).

В годы существования СССР до 1992 г. ВИЭСХ в различных регионах страны имел 16 филиалов, ряд опорных пунктов и отделений. Сельское хозяйство в период до 1953 г., как и все народное хозяйство страны, испытывало острый дефицит энергии. Чтобы обеспечить сельское хозяйство электроэнергией, приходилось сооружать мелкие сельские электростанции, в основном гидравлические. В 1945 г. было построено 600 сельских электростанций общей мощностью 18 тыс. кВт. В 1953 г. две трети электроэнергии, отпускаемой сельскому хозяйству, давали собственные электростанции небольшой мощности. После 1953 г. сельских потребителей стали подключать к государственным энергосистемам и промышленным электростанциям, что явилось большим стимулом для развития сельского хозяйства. Наряду с развитием централизованного электроснабжения возросло количество сельских тепловых электростанций с дизельными двигателями мощностью 40–50 кВт. В 1964 г. их количество достигло 110 тыс. [1]. Количество гидроэлектростанций сельского типа в этот период снизилось. Под руководством проф. В.Н. Андрианова была создана система автоматизации дизельных электростанций и необходимого оборудования для ее реализации.

В 50–60-е годы ВИЭСХом были разработаны методы и нормативы составления генеральных схем электроснабжения областей и республик страны, разработаны технические основы электроснабжения, методы оптимизации сельских электрических сетей, способы и средства повышения надежности электроснабжения сельских потребителей и др. Основной вклад в развитие этого научного направления внесли акад. И.А. Будзко, д-ра т.н. Л.Е. Эбин, М.С. Левин, Н.М. Зуль, к.т.н. А.Е. Мурадян, д.т.н. Н.Н. Сырых и др.

В 1957 г. решением ВАСХНИЛ из ВИМа в ВИЭСХ были переданы лаборатории, занимающиеся механизацией животноводства, теплофикацией и ветропользованием. ВИЭСХу было поручено возглавить научно-исследовательские работы по электрификации и механизации животноводства по всему СССР. Штатная численность института при этом увеличилась почти в два раза.

В 1958 г. при участии ВИЭСХ была организована Международная передвижная выставка приборов и средств измерений по сельскому хозяйству, в организации которой активно участвовали П.Н. Листов, А.М. Ганелин, Н.Ф. Молоснов и др. [2]. В выставке принимали участие Болгария, Венгрия, ГДР, Польша, СССР, Чехословакия. В 1958–1961 гг. выставка работала в Москве, Лейпциге, Варшаве, Будапеште, Киеве, Праге, Софии.

В 1988 г. на ВИЭСХ были возложены функции ведущей организации в системе Госагропрома СССР по энергетике, электрификации и автоматизации агропромышленного производства, а также по разработке и внедрению возобновляемых источников энергии.

После распада СССР в 90-е годы основные направления работ ВИЭСХ связаны с реализацией концепции энерго- и ресурсосбережения, создания автоматизированных технологий в АПК.

Отделом комплексной механизации и электрификации молочного животноводства, которым руководит член-корр. РАСХН Ю.А. Цой, созданы 12 новых машин, большая часть из которых освоена в производстве, построено 5 мини-цехов по переработке молока. Разработано и освоено производством новое доильное оборудование, впервые созданы и производятся полуавтоматы для фасовки и упаковки молока.

В области возобновляемых источников энергии (руководители академик РАСХН Д.С. Стребков, к.т.н. В.П. Муругов, Э.В. Тверьянович, А.А. Ковалев, С.Н. Трушевский) разработаны технологии и созданы технологические линии по производству фотоэлектрических элементов и солнечных фотоэлектрических модулей ФСМ-30-12 и ФСМ-40-12. Модули ФСМ-30-12 поставляются также для комплектации ветроэлектрических установок автономного электроснабжения с ветроагрегатами Ветэн-0,16 (160 Вт) и УВЭ-500 (500 Вт) [3].

В области электрифицированной техники для сельскохозяйственного водоснабжения (руководитель работ д.т.н., профессор В.М. Усаковский) разработаны и широко используются в России и за рубежом вибрационные электронасосы (данная работа отмечена Премией Правительства России в области науки и техники).

Отделом электротехнологий (основатели научной школы академики М.Г. Евреинов, Л.Г. Прищеп) разработано 17 машин, большая часть которых выпускается серийно.

Отделом сельскохозяйственной теплоэнергетики и электрификации тепловых процессов (руководители д.т.н. А.В. Демин, В.С. Горбачев, В.Н. Расстригин) разработана децентрализованная система энергообеспечения тепловых процессов в животно-

водстве, а также освоено в серийном производстве на 18 заводах России 30 видов нового электротеплового и теплоэнергетического оборудования с общим объемом выпуска свыше 380 тыс. комплектов [2].

Отделом автоматизации (руководители д-ра т.н. А.М. Мусин, Р.М. Славин, В.Р. Краусп) разработаны:

- компьютерная технология индивидуального кормления и обслуживания коров с комплектами автоматизированного оборудования;

- комплекты автоматизированных безбашенных водоподъемных установок с системой автоматики, освоенной в серийном производстве. Выпущено более 7,5 тыс. комплектов.

Отделом перспективной системы машин (руководители академики В.И. Сыроватка, Н.М. Морозов, к.т.н. Е.М. Клычев) разработаны:

- технология и технические средства приготовления качественных комбикормов в фермерских хозяйствах;

- технические средства электромеханизации процессов в овцеводстве: два типа стригальных аппаратов – для больших хозяйств и меньшей производительности для личных приусадебных хозяйств.

Отделом электроснабжения, эксплуатации и электробезопасности (руководители академик РАСХН, д.т.н. И.А. Будзко, д.т.н. Л.Е. Эбин, к.т.н. А.Е. Мурадян) были разработаны:

- совместно с Сельэнергопроектом – проекты резервных ДЭС;

- рекомендации по развитию сетей сельского электроснабжения Московской обл.;

- компьютерные программы по оптимизации развития сельских электрических сетей;

- нормативные и методические материалы по оптимизации систем сервисного обслуживания и ремонта электрооборудования, а также технические средства для электромеханизации быта (отопление, кормоприготовление для личных приусадебных хозяйств).

Отделом комплексных исследований возобновляемых источников энергии в г. Истре (руководитель к.т.н. В.П. Харитонов) были выполнены следующие работы:

- проведены экспериментальные исследования ветроэнергетических установок мощностью от 0,1 до 30 кВт отечественного и зарубежного производства;

- разработаны новые измерительные и регистрирующие приборы для проведения испытаний ветроагрегатов и ветроустановок;

- разработан Госстандарт Р50-605-81-94. Установки ветроэлектрические. Требования к испытаниям (разработчики к.т.н. В.П. Харитонов, Н.Д. Абрамов и др.);

- выполнен анализ КПД использования энергии ветра отечественными и зарубежными ветроагрегатами. Максимальные значения КПД для лучших ВЭУ достигают значений: $0,44 \div 0,45$;

- результаты выполненных исследований и разработок отражены в книге В.П. Харитонova «Автономные ветроэлектрические установки», вышедшей из печати в 2006 г. [6].

В 2010 г. опубликована монография В.П. Харитонova «Основы ветроэнергетики», которая может служить учебным пособием по ветроэнергетике. В этой книге кроме автономных ветроэлектрических агрегатов рассмотрен опыт использования в

России сетевых ВЭС отечественного и зарубежного производства и приводятся аргументы в пользу широкого развития на территории России не только автономной, но и сетевой ветроэнергетики единичной мощностью более 1 МВт. Установлено, что во многих областях России: Рязанской, Калужской, Ростовской, в Краснодарском крае и др. областях на уровне высоты над землей около 100 м имеются ветровые условия, пригодные для экономически выгодного применения ветроэлектрических станций при их работе на сеть [7].

В институте в 1970–80-е годы сложилась широко известная школа по вопросам электробезопасности в сельском хозяйстве (д-ра т. н. Л.Е. Эбин, А.И. Якобс, С.И. Коструба, Е.В. Халин и др.). Созданы научные основы и система технических средств обеспечения электробезопасности. Результаты этой работы отражены в опубликованной в 2010 г. монографии «Основы электрической безопасности» (Е.В. Халин, Д.С. Стребков, Н.Н. Липантьева, С.И. Коструба), в которой рассмотрены методы, способы, устройства, решения и технологии по созданию электробезопасных условий труда на производстве. Раскрыты общие вопросы организации работы по электрической безопасности в соответствии с действующей нормативно-технической документацией, рассмотрены информационно-коммуникационные подходы и средства для обеспечения электробезопасности, включающие компьютерные сети и системы автоматизированных рабочих мест ответственных специалистов и персонала.

Ученые и специалисты института принимали непосредственное участие в разработке теоретических основ и перспективных планов электрификации сельского хозяйства. А также технических средств для электрификации полеводства и электромеханизации животноводства.

В институте основаны научные школы, получившие широкую известность в стране и за рубежом, по электроснабжению сельского хозяйства, применению электрической энергии в технологических процессах сельскохозяйственного производства, электромеханизации животноводства, у истоков которых стояли академики Евреинов М.Г., Сазонов Н.А., Будзко И.А., Листов П.Н., Прищеп Л.Г., члены-корреспонденты Краснов В.С., Фатеев Е.М. В настоящее время они развиваются академиками Стребковым Д.С., Кормановским Л.П., членом-корреспондентом Цоем Ю.А.

ВИЭСХ сформировался и признан как ведущий научный центр страны по энергообеспечению, электрификации и автоматизации сельского хозяйства, электромеханизации животноводства, использованию возобновляемых и нетрадиционных источников энергии.

Основные направления деятельности института:

- научное обоснование, прогноз и стратегия энергообеспечения, электрификации и энергосбережения в сельском хозяйстве; разработка экологически чистых ресурсосберегающих технологий, систем машин для электрификации сельскохозяйственного производства и животноводства;
- создание высокоэффективных электротехнологий, систем тепло- и электрооборудования, автоматизации для производств в животноводстве, растениеводстве, первичной обработке и хранении сельскохозяйственной продукции;
- разработка методов, технических средств и систем надежного энергоснабжения сельского хозяйства, эксплуатации и электробезопасности электроустановок и электрооборудования, включая автономные системы;

- создание систем и технических средств электромеханизации процессов в животноводстве, включая оборудование и машины для молочных ферм;
- совершенствование перспективных технологий и создание новых технических средств использования возобновляемых и местных источников энергии в сельском хозяйстве и других отраслях народного хозяйства;
- энергетическое использование биомассы и сельскохозяйственных отходов для производства жидкого и газообразного биотоплива, электрической и тепловой энергии;
- подготовка и аттестация научных кадров (аспирантура, докторантура, диссертационный совет) и повышение квалификации специалистов;
- внешнеэкономическая деятельность и научно-техническое сотрудничество в области электрификации сельского хозяйства и возобновляемой энергетики;
- оказание информационных, консультационных услуг по созданию и внедрению энергетического оборудования технологических средств.

В систему ГНУ ВИЭСХ входят:

- ФГУП экспериментальный завод «Александровский» Россельхозакадемии;
- Межотраслевой Научно-технический центр по машинному доению коров и первичной обработке молока (МНТЦ ВИЭСХ «Техника для молока»);
- Научно-технический центр по энергосбережению в сельском хозяйстве (НТЦ ВИЭСХ «Энергосбережение»);
- Международная кафедра ЮНЕСКО «Возобновляемая энергетика и сельская электрификация»;
- Совместная кафедра ВИЭСХ и МГАУ им. В.П. Горячкина «Возобновляемая энергетика и электрификация сельского хозяйства»;
- Научно-производственное предприятие «Фемакс» (НПП «Фемакс»);
- Экспериментально-технологические участки по:
 - производству солнечных фотоэлектрических элементов и модулей (батарей);
 - созданию оборудования и средств автоматизации для технологических процессов сельскохозяйственного производства;
 - созданию оборудования для первичной обработки и хранения сельскохозяйственной продукции;
 - созданию и выпуску опытных образцов оборудования для электромеханизации молочного скотоводства;
 - создание экспериментальных светильников и облучателей для объектов АПК.

Институт обладает значительным научным и интеллектуальным потенциалом. В последнее десятилетие имеет стабильный кадровый состав, где работают 20 докторов наук и 74 кандидата наук. Проходят подготовку 43 аспиранта и два докторанта.

Приоритетность результатов научно-исследовательских разработок, их научная и техническая новизна защищены в 2010 г. 37 патентами 31 положительным решением на выдачу патентов на изобретения. За 2006–2010 гг. это соответственно составляет 211 и 93. В 2010 г. подано 75 заявок о выдаче патентов на предполагаемые изобретения и полезные модели. Всего за время деятельности института получено более 2000 авторских свидетельств и патентов на изобретения.

В 2009 г. институт награжден Дипломом Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам по совокупности разработок в

номинации «100 лучших изобретений» за технологию изготовления полупроводникового фотоэлектрического генератора (Патент РФ № 2336596, авторы: *Стребков Д.С., Шеповалова О.В., Заддэ В.В.*).

Научные исследования ГНУ ВИЭСХ в последнее десятилетие проводятся в соответствии с Программой фундаментальных и приоритетных прикладных исследований по научному обеспечению развития АПК РФ на 2006–2010 гг. по заданию 09.02 Проблемы «Разработать высокоэффективные машинные технологии и технические средства нового поколения для производства конкурентоспособной сельскохозяйственной продукции, энергетического обеспечения и технического сервиса сельского хозяйства»

«Разработать новые наукоемкие электротехнологии и оборудование для эффективного энергетического обеспечения технологий производства сельскохозяйственной продукции и социально-бытовой сферы села».

Выполняются также работы по договорам, контрактам и грантам с Министерствами, ведомствами и организациями Российской Федерации, а также по международным контрактам с зарубежными странами.

Научные исследования в последнем десятилетии институтом проводятся по следующим основным направлениям: развитие энергетики и электрификации, энергосбережение, электроснабжение (руководитель к.т.н. А.В. Тихомиров, ответственные исполнители: к.т.н. Е.К. Маркелова, д.т.н. И.И. Свентицкий, к.т.н. Ю.М. Антонов, д.т.н. Н.Н. Сырых, д.т.н. А.И. Некрасов, д.т.н. Е.В. Халин, к.т.н. Г.Л. Эбина, к.т.н. О.В. Шеповалова); энергосберегающие системы применения электрической энергии в технологических процессах и электротехнологии (руководитель к.т.н. Б.П. Коршунов, ответственные исполнители д.т.н. А.К. Лямцов, к.т.н. Л.Ю. Юферов, к.т.н. Ф.Г. Марьяхин, к.т.н. А.Ф. Першин, к.т.н. В.А. Королев); создание эффективных систем и средств энерго-теплоснабжения сельскохозяйственных производственных процессов (руководитель д.т.н. В.Н. Расстригин, ответственные исполнители: д.т.н. С.А. Растимешин, к.т.н. Д.А. Тихомиров, д.т.н. Д.П. Лебедев); получение жидкого топлива из биомассы растительных и древесных отходов (руководители к.т.н. И.А. Порев, к.т.н. В.Г. Чирков, ответственные исполнители: д.т.н. Ю.М. Щекочихин, к.т.н. А.Г. Чижииков, к.т.н. Д.А. Ковалев); использование возобновляемых и нетрадиционных источников энергии (руководитель академик РАСХН, д.т.н. Д.С. Стребков, ответственные исполнители: к.ф.-м.н. Л.Г. Сагинов, к.т.н. И.С. Персиц, к.т.н. А.К. Сокольский, к.т.н. В.В. Заддэ, к.т.н. В.П. Тарасов, д.т.н. В.В. Харченко, к.э.н. В.Н. Шабаров, В.А. Гусаров, к.т.н. Е.Г. Базарова, к.т.н. Э.В. Тверьянович); автоматизированные инновационные технологии в животноводстве и птицеводстве, информационные и телекоммуникационные технологии и системы (руководитель д.т.н. В.Р. Краусп, член-корр. РАСХН Ю.А. Цой, ответственные исполнители: д.т.н. А.М. Башилов, д.т.н. А.В. Дубровин, к.т.н. А.П. Гришин, к.т.н. С.Г. Карташов, к.т.н. Е.М. Клычев, к.т.н. Р.С. Суюнчалиев).

В апреле 2005 г. ВИЭСХ награжден Почетной грамотой Министерства промышленности и энергетики Российской Федерации за долголетнюю и плодотворную работу в системе топливно-энергетического комплекса, большой вклад, внесенный в развитие электрификации сельского хозяйства и разработку энергосберегающих технологий (приказ Минпромэнерго России от 18 апреля 2005 г. №421п, Министр В.Б. Христенко).

По инициативе института с 1998 г. организовано проведение один раз в год (по четным годам) Международной научно-технической конференции «Энергообеспече-

ние и энергосбережение в сельском хозяйстве». Конференция вызывает большой интерес среди ученых, специалистов России и зарубежных стран и направлена на обсуждение приоритетных целей повышения эффективности использования и развития энергетики сельского хозяйства.



В мае 2010 г. проходила работа 7-й конференции, посвященной 80-летию ВИЭСХа и 100-летию со дня рождения академика И.А. Будзко – основоположника науки по электроснабжению, электрификации и автоматизации сельского хозяйства.

В работе конференции приняли участие ученые и специалисты Минсельхоза, Минэнерго РФ, Россельхозакадемии, 35 НИИ, 25 вузов, работники сельскохозяйственных предприятий, конструкторских бюро, органов государственного управления в субъектах РФ, исследователи и руководители организаций Азербайджана, Белоруссии, Казахстана, Латвии, Литвы, Туркменистана, Узбекистана, Украины, Чехии.

Для участия в конференции получено 343 доклада. В том числе 18 докладов из зарубежных стран. Доклады опубликованы в 5 частях Трудов конференции; общим объемом 112,5 печатных листов:

1. Проблемы энергообеспечения и энергосбережения;
2. Энергосберегающие технологии в растениеводстве и мобильной энергетике;
3. Энергосберегающие технологии в животноводстве и стационарной энергетике;
4. Возобновляемые источники энергии. Вторичные энергоресурсы. Экология;
5. Нанотехнологии и инфокоммуникационные технологии.

Рекомендации конференции приведены на стр. 172–176 настоящего выпуска Вестника.

В 2006–2010 гг. научными сотрудниками ГНУ ВИЭСХ подготовлены и изданы монографии по основным направлениям деятельности института [6, 8–16].

Наиболее значимые разработки ГНУ ВИЭСХ в 2006–2010 гг.:

- «Энергетическая стратегия сельского хозяйства на период до 2020 года»;
- проекты молочных ферм с разными технологиями содержания животных и вариативным комплектом отечественного технологического оборудования, внедренные в разных регионах России (хозяйствах Тамбовской, Вологодской, Ярославской областей, в Республике Мордовия);
- современное отечественное импортозамещающее доильное оборудование для технологической модернизации молочных ферм различных размеров;
- децентрализованные системы энергообеспечения в сельском хозяйстве на базе возобновляемых источников энергии, обеспечивающие снижение энергозатрат до 30% и повышения надежности энергоснабжения;
- энергосберегающая система освещения птицеводческих предприятий со светодиодными лампами сроком их службы 50000 часов и окупаемостью за 3 года;
- кремниевидные матричные солнечные элементы с коэффициентом полезного действия 25% и сроком до 40 лет.

Литература

1. *Стребков Д.С., Молоснов Н.Ф.* Роль ВИЭСХ в становлении и развитии электрификации сельского хозяйства (К 70-летию ВИЭСХ) // Научные труды. Том 87. – М.: ВИЭСХ, 2000.
2. *Стребков Д.С., Молоснов Н.Ф.* Роль ВИЭСХ в становлении и развитии электрификации сельского хозяйства (К 75-летию ВИЭСХ) // Вестник ВИЭСХ. Вып. 1. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2005.
3. Эффективные технологии энергообеспечения, возобновляемой и нетрадиционной энергетики. Перспективные энергосберегающие технологии сельскохозяйственного производства. Инновационные проекты ВИЭСХ. Каталог / Сост.: Н.Ф. Молоснов, И.А. Антуфьев. Отв. за выпуск А.В. Тихомиров. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2010. – 168 с.
4. Энергетическая стратегия сельского хозяйства России на период до 2020 года / Ю.Ф. Лачуга, Д.С. Стребков, И.Ф. Бородин, И.В. Горбачев и др. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2009. – 64 с.
5. *Муругов В.П., Мартиросов С.Н.* Возобновляемая энергетика для сельских регионов России // Научные труды. Том 86. – М.: ВИЭСХ, 2000.
6. *Харитонов В.П.* Автономные ветроэлектрические установки. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2006. – 280 с.
7. *Николаев В.Г., Ганага С.В., Кудряшов Ю.И.* Национальный кадастр ветроэнергетических ресурсов России и методические основы их применения. М.: Атмограф, 2007, с. 590.
8. *Стребков Д.С., Тверьянович Э.В.* Концентраторы солнечного излучения. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2007. – 316 с.
9. *Арбузов Ю.Д., Евдокимов В.М.* Основы фотоэлектричества. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2007. – 292 с.
10. *Дубровин А.В.* Автоматизация технологических процессов обогрева в птицеводстве. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2009. – 252 с.
11. *Харитонов В.П.* Основы ветроэнергетики. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2010. – 340 с.
12. *Стребков Д.С.* Матричные солнечные элементы. В 3-х томах. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2010. – Том 1 – 120 с. Том 2 – 228 с. Том 3 – 312 с.
13. *Халин Е.В., Стребков Д.С., Липантьева Н.Н., Коструба С.И.* Основы электробезопасности. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2010. – 284 с.
14. *Цой Ю.А.* Процессы и оборудование доильно-молочных отделений животноводческих ферм. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2010. – 424 с.
15. Опыт реконструкции и технологической модернизации молочных ферм / *Кормановский Л.П., Цой Ю.А., Зеленцов А.И., Мильман И.Э., Седов А.М.* и др. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. – 192 с.
16. *Краусн В.Р.* Научные методы и опыт компьютеризации управления инновационными проектами АПК до 2020 года. Молодежная научная школа. Интернет- и нанотехнологии. Предприятия-автоматы. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2010. – 336 с.

**К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ОСНОВОПОЛОЖНИКА НАУКИ
ПО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЮ, ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА, АКАДЕМИКА РОССЕЛЬХОЗАКАДЕМИИ
И.А. БУДЗКО (1910–1994)**

**Доктор техн. наук, лауреат золотой медали имени И.А. Будзко
В.Р. Краусп
(ГНУ ВИЭСХ)**

Имя академика Россельхозакадемии (ранее ВАСХНИЛ) Игоря Александровича Будзко, видного ученого-энергетика и государственного деятеля, стоит в одном ряду с именем академика АН СССР Глеба Максимилиановича Кржижановского, вице-президента Академии Наук, председателя комиссии ГОЭЛРО, руководителя Энергетического института АН СССР. И.А. Будзко был вице-президентом ВАСХНИЛ, разрабатывал научные планы электрификации сельского хозяйства СССР, работал в тесной связи с Энергетическим институтом им. Г.М. Кржижановского АН, руководил международными научными исследованиями и представлял науку по электрификации сельского хозяйства в Европейской экономической комиссии ООН.

Деятельность И.А. Будзко тесно связана с ВИЭСХ и МГАУ им. В.П. Горячкина (в прошлом МИМЭСХ им. В.М. Молотова). В большей мере коснусь тех событий и фактов, которые проходили у меня на глазах, были связаны с работой ВИЭСХ и выполнялись под руководством и в тесном авторском сотрудничестве с И.А. Будзко.



**И.А. Будзко (1910–1994)
Директор ВИЭСХ
в 1957–1962 гг.**

Развитие науки по электроснабжению

До 1953 г. сельское электроснабжение осуществлялось от мелких сельских электростанций. Техническая политика была ориентирована на строительство локальных электростанций и формирование малых (местных) энергетических систем, а также на решение возникающих при этом сетевых задач. Такой подход вызывался необходимостью оперативного решения наиболее острых вопросов, возникающих в процессе электрификации села, и отсутствием разветвлённой системы централизованного электроснабжения.

В воспоминаниях для стенной печати ВИЭСХ, по просьбе секретаря комсомольской организации ВИЭСХ В.Р. Крауспа, И.А. Будзко писал:

«С 1937 г. по 1944 г. в составе Всесоюзного института механизации и электрификации сельского хозяйства (ВИМЭ) была одна лаборатория электрификации сельского хозяйства.

В июле 1944 г. создан отдел электрификации сельского хозяйства – руководитель кандидат сельскохозяйственных наук Н.А. Сазонов – в составе четырех лабораторий: электрических станций – руководитель кандидат сельскохозяйственных наук А.Г. Захарин; электрических сетей – руководитель кандидат технических наук Л.Е. Эбин; применения электроэнергии в сельском хозяйстве – руководитель кандидат сельскохозяйственных наук П.Н. Листов и автоматизации сельского хозяйства – руководитель кандидат сельскохозяйственных наук И.А. Будзко.

В состав лаборатории автоматизации сельского хозяйства входили кандидат технических наук А.А. Глебович (заместитель руководителя лаборатории), кандидат технических наук В.Н. Андрианов (по совместительству), инженер Д.Н. Быстрицкий, аспирант Б.В. Смирнов и др. Первые годы лаборатория занималась автоматизацией сельских гидроэлектростанций. Были разработаны оригинальные регуляторы скорости вращения гидротурбин ГЭС системы А.А. Глебовича и системы И.А. Будзко.

Постепенно круг работ расширялся и включал исследования по автоматизации ветродвигателей, а затем и установок по применению электроэнергии в сельском хозяйстве».

Важнейшей научной идеей И.А. Будзко было создание и широкая пропаганда строительства сельских гидроэлектростанций и их объединение в сельские энергосистемы. Наиболее выгодные условия для создания ГЭС существовали на северном Кавказе, где построены десятки высоконапорных ГЭС. На Украине была создана Корсунь-Шевченковская энергосистема.

После 1953 г. стало возможным присоединение сельскохозяйственных потребителей к системе централизованного электроснабжения. В 1963–1964 гг., когда сельские сети были переданы в ведение Минэнерго СССР, темпы электрификации заметно возросли. Центр тяжести работ был перемещён на строительство распределительных сетей, на решение проблем их конкретного и перспективного проектирования, а также эксплуатации, разработки и усовершенствования электросетевого оборудования, подстанционной и линейной аппаратуры. Локальные станции, в первую очередь с тепловыми двигателями, стали использоваться чаще всего для обеспечения резервного и аварийного питания сельских потребителей.

Особенности развития системы сельского электроснабжения непосредственно влияли на формирование проблематики исследований в ВИЭСХе. Важность и актуальность задач, необходимость учёта региональных особенностей при решении научных проблем по обеспечению электроэнергией сельского хозяйства требовали, наряду с развитием работ в стенах института, также разработки и реализации мер по координации научных исследований в масштабе всей страны. В 50-е годы при содействии И.А. Будзко Государственным Комитетом СССР по науке и технике ВИЭСХ был определён головной организацией по электроснабжению сельского хозяйства. В качестве соисполнителей привлекались соответствующие НИИ, проектные организации, вузы, а также промышленные предприятия различных ведомств. При этом использовались возможности и филиалов ВИЭСХ: Ленинградского, Запорожского, Свердловского, Тбилисского и других.

Предстояло путём обобщений и систематизации имевшихся разработок по вопросам производства и распределения электроэнергии, учёта перспектив развития электрификации села сформировать целостную научную концепцию рассмотрения и решения проблем электроснабжения сельского хозяйства. В ВИЭСХе в те годы начала складываться научная школа специалистов по сельскому электроснабжению. Академик ВАСХНИЛ И.А. Будзко вместе с д.т.н. А.Г. Захариним и д.т.н. Л.Е. Эбиным приложили много сил для развития сельского электроснабжения. Можно сказать, что

благодаря их усилиям и инициативам был совершён прорыв в создании научных основ электроснабжения села [1, 2].

В это патриотическое время электрификации всей страны большая группа ученых и специалистов ВИЭСХ и его Запорожского филиала (под руководством П.Н. Листова, позже академика-секретаря Отделения механизации и электрификации сельского хозяйства ВАСХНИЛ) осуществляла мечту В.И. Ленина – создавала электротракторы, организовывала электроМТС и электрифицировала сельские поселки. Электрификация должна была осуществляться от собственных сельских электростанций. В использовании высоковольтных сетей для передачи электрических сигналов управления и связи активно участвовал к.т.н. Б.В. Смирнов.

В пятидесятые годы прошлого столетия Игорь Александрович Будзко возглавлял группу по электрификации сельского хозяйства Европейской экономической комиссии ООН (г. Женева) и часто выезжал в специализированные служебные командировки в разные страны. Вернувшись из США, он в кругу ученых и аспирантов ВИЭСХ рассказывал, что там широко применяют высоковольтные однофазные трансформаторы и высоковольтные выключатели, устанавливаемые на столбах, а также трёхфазные выключатели и отделители наружной установки. Это обеспечивает надежное электроснабжение сельских районов. Освещение международного опыта электроснабжения сельских районов ускорило развитие науки по электроснабжению сельских сел и сельскохозяйственного производства СССР и, в первую очередь, по повышению надежности электроснабжения.

Автор этих строк под руководством И.А. Будзко разработал высокочувствительные дистанционные защиты прямого действия для распределительных сетей и автоматические отделители наружной установки для ответвлений от главной линии. При коротких замыканиях отделители отключали отпайку линии в бестоковую паузу АПВ, создаваемую грузовыми приводами масляных высоковольтных выключателей на подстанции 35/10 кВ. Такое решение открывало новые возможности использования разветвленных распределительных сетей, которые часто имели отпайки, выполненные из железных проводов. Токи короткого замыкания на отпайках были соизмеримы с рабочими токами в начале линии. Все работы в то время проверялись экспериментально на реальных действующих объектах. Дистанционная защита для распределительных сетей 10 кВ испытывалась на сельской Бегичевской ГЭС Чеховского района Московской области в ночные часы, когда питание ферм и поселка полностью отключалось. Создавались искусственные короткие замыкания в распределительных сетях при работающей ГЭС и ее подстанции 10 кВ. Все режимы работы защиты записывались на шлейфовый осциллограф. Была проведена полная экспериментальная проверка и отработка нового вида дистанционной защиты прямого действия.

Для обоснования области применения дистанционных защит была разработана математическая модель сельских распределительных сетей для их приведения к расчетному виду. Эта работа в соавторстве с И.А. Будзко и Н.М. Зулем была позже в 1963 г. опубликована в монографии Будзко И.А., Захарин А.Г., Эбин Л.Е. «Сельские электрические сети» [1].

И.А. Будзко доверял перспективным молодым ученым и проверял их на ответственной научной работе. Автору было поручено подключиться к группе ученых – В.Н. Андрианову, Д.Н. Быстрицкому и др. – для создания сельской автоматической дизельной электростанции. Работа проходила в напряженном режиме совместно с

Центральным научно-исследовательским институтом дизельных двигателей (ЦНИДИ) и заводом «Сардизель» (г. Саратов), и уже в 1959 г. такая станция была создана и запущена заводом в серийное производство. Авторами была издана брошюра «Автоматизация передвижных дизельных электростанций, применяемых в сельском хозяйстве» [4].

Период широкой электрификации сельскохозяйственного производства, развиваемый под руководством И.А. Будзко, начался с 1957 г.

Государство уделяло электрификации самое пристальное внимание. Поэтому в 1957 г. решением ВАСХНИЛ директором ВИЭСХ назначен И.А. Будзко. Его избрали академиком ВАСХНИЛ и, по высказанному им условию перехода на должность директора, передали из ВИМа в ВИЭСХ все лаборатории электромеханизации животноводства, которые возглавлял член-корреспондент ВАСХНИЛ Валериан Семенович Краснов, ставший заместителем директора ВИЭСХ по научной работе. И.А. Будзко говорил, что для стационарных объектов животноводства электрификация имеет решающее значение. После этих преобразований ВИЭСХ превратился в масштабное научное учреждение по электрификации, охватывающее и разрабатывающее все научные проблемы производства, распределения и применения электроэнергии в сельском хозяйстве. Такая формулировка в те годы записывалась в дипломы инженеров, заканчивающих факультеты электрификации сельскохозяйственных вузов.

Направление работ по электрификации животноводства, теплофикации сельского хозяйства и ветроэнергетике, сформированное И.А. Будзко, получило широкое развитие и государственную поддержку со стороны Министерства сельского хозяйства СССР.

В дальнейшем в развитие электромеханизации животноводства и электрификации сельского хозяйства большой вклад внесли член-корр. В.С. Краснов и директора ВИЭСХ д.т.н. А.В. Демин и академик Россельхозакадемии В.И. Сыроватка. Под их руководством были созданы коллективы ученых, решившие многие задачи.

В **электрификации** сельского хозяйства И.А. Будзко выделял два основных направления: автоматизированный электропривод машин, агрегатов и поточных линий и электротехнологии. Тему электропривода развивали ведущие ученые шестидесятых годов академик ВАСХНИЛ П.Н. Листов (электротракторы), член-корр. ВАСХНИЛ Г.И. Назаров (новые виды электроприводов, в т. ч. высокочастотные) и д.т.н. В.Н. Андрианов (электрические машины). И.А. Будзко руководил разработкой новых видов электротехнологий (специальных), которые в МИИСП развивали И.Ф. Бородин и В.И. Тарушкин (электросепарация семенного зерна), а в ВИЭСХ А.К. Лямцов, В.П. Муругов (ультрафиолетовое и инфракрасное облучение животных и растений). Эти направления получили широкое применение в сельском хозяйстве.

Этап электрификации сельского хозяйства характеризовался большими достижениями в создании крупных животноводческих комплексов по выращиванию и откорму молодняка крупного рогатого скота, по выращиванию и откорму свиней, по содержанию птицы яичного и мясного направлений, по производству комбикормов. Техническая политика по электромеханизации животноводства нашла отражение в системе машин, разработанной под руководством академика РАСХН Н.М. Морозова.

И.А. Будзко **является основоположником сельской автоматизации**. Его первые работы по автоматизации вышли в 1932 г. В журнале «Электрификация социалистического сельского хозяйства» были опубликованы 2 статьи по автоматическому

орошению (1932, №3) и тепловой инерции теплиц (1932, №4). В дальнейшем его работы по вопросам автоматизации публиковались в 1933–1942 гг.

По инициативе И.А. Будзко в ВИЭСХ в 1944 г. была создана лаборатория автоматизации. Руководителями лаборатории автоматизации были И.А. Будзко, к.с.-х.н. – 1944–1951 гг.; А.А. Глебович, к.т.н. – 1951–1956 гг.; И.А. Будзко, акад. ВАСХНИЛ – 1957–1959 гг.; Н.М. Зуль, д.т.н. – 1959–1966 гг.; В.Р. Краусп, д.т.н. – с 1966 г. по настоящее время.

В начале 1960-х годов вышло Постановление Правительства СССР о развитии семеноводства. Научную работу по механизации семеноводства возглавлял д.с.-х.н. Н.Н. Ульрих (ВИМ). По просьбе Н.Н. Ульриха директор ВИЭСХ И.А. Будзко поручил лаборатории автоматизации ВИЭСХ решение проблемы автоматизации послеуборочной обработки зерна. Руководителем группы был назначен к.т.н. В.Р. Краусп. К работе подключены молодые сотрудники ВИЭСХ: В.П. Муругов, В.Н. Расстригин, И.Э. Мильман, Н.Л. Гирнык, В.К. Вещилов и др. От ВИМ исполнителем работ был аспирант В.И. Анискин, который впоследствии стал руководителем проблемы, академиком РАСХН и директором ВИМ. В результате совместной работы создана первая в стране автоматизированная поточная линия обработки семян в пос. Узуново Московской области. С коллективом сотрудников ВИЭСХ В.Р. Краусп получил авторские свидетельства и провел государственные испытания поточных влагомеров зерна, систем регулирования влажности зерна в сушилках и бункерах с активным вентилированием, систем регулирования и распределения зерна в поточных линиях. Создан первый зернопункт-автомат в Звенигородском совхозе Московской области (публикация о нем была в газете «Известия» от 14.09.1966 г.). Опубликованы три монографии (одна личная), несколько брошюр и серию статей по автоматизации послеуборочной обработки зерна. Несколько статей и брошюра вышли в соавторстве с И.А. Будзко.

Можно только удивляться и восторгаться многогранной государственной, научной, педагогической и общественной деятельностью И.А. Будзко. Он руководил научными исследованиями в ВИЭСХ и МГАУ им. В.П. Горячкина (в прошлом МИИСП), проводил совещания по электрификации в МЭИ, МСХ СССР, Минэнерго и Сельэнергопроекте, вел научно-организационную работу в научно-техническом обществе энергетиков, сотрудничал с институтами Академии Наук, организовывал международное сотрудничество, руководил изданием научных трудов, монографий и статей в ведущих журналах и издательствах страны.

Благодаря многолетнему опыту работы с И.А. Будзко, автор развивает новые научные исследования по интернет- и нанотехнологиям в управлении сельскохозяйственным производством с целью повышения экономической эффективности, интенсификации и улучшения качества сельскохозяйственной продукции.

Под руководством и в соавторстве с И.А. Будзко В.Р. Крауспом написано и опубликовано 10 работ по электроснабжению, электрификации и автоматизации, в том числе разделы монографий, статьи в ведущих журналах страны: «Электрические станции», 1959, №12; «Вестник сельскохозяйственной науки», 1963, № 10; 1967, №10; «Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства», 1962, № 4; 1965, №5; брошюра «Автоматизированный зерноочистительно-сушильный пункт», М., 1969; оформлено изобретение – автоматические отделители сетей 10 кВ, 1963.

Сотрудники отдела автоматизации ГНУ ВИЭСХ раз в 2 года на Международных конференциях ВИЭСХ «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хо-

зьяйстве» организуют и проводят работу секций по инфокоммуникационным технологиям и нанотехнологиям, организуют работу 3-х научно-методических советов Отделения механизации, электрификации и автоматизации Россельхозакадемии. Эта работа является продолжением идей И.А. Будзко по электроснабжению, электрификации и автоматизации сельского хозяйства, которым он посвятил всю свою творческую жизнь, и вкладом в празднование 100-летия со дня его рождения.

Так по крупицам в ВИЭСХ формировалась научная ветвь школы И.А. Будзко, в которую входит автор и которая отражает мировой уровень знаний. Хочу также отметить, что в научной школе И.А. Будзко всегда были научная солидарность и дружеские отношения между учеными. Важными мероприятиями, сближающими ученых, были праздничные вечера, поздравления с успешными защитами диссертаций, коллективный отдых зимой в Клязьминском пансионате. Там вместе с научным лидером И.А. Будзко собирались Н.М. Зуль, М.С. Левин, А.В. Демин, О. Волосатов, А.Е. Мурадян, автор этих строк и другие. На зимних лыжных прогулках И.А. Будзко шел первым и прокладывал лыжню на 10-километровой дистанции. На остановках около сельского магазина пили сладкий компот, обсуждали электротехнические и личные проблемы, рассказывали смешные истории. А вечерами за рюмкой вина и двойными порциями еды по талонам обсуждали итоги прошедшего дня и планы на следующий день. Утром у И.А. Будзко в номере читали стопки свежих газет и пили боржомом.

Дружеские встречи аспирантов и ученых иногда проходили в семейном кругу на квартире И.А. Будзко. Каждый праздник И.А. Будзко с учениками и коллегами научной школы обменивался поздравлениями. У меня и сейчас хранится большая пачка поздравительных открыток и писем.

Следует также отметить, что научная работа ВИЭСХ по автоматизации технологических процессов в сельском хозяйстве выполнялась совместно с другой ветвью научной школы И.А. Будзко, которой руководил в МГАУ (МИИСП) в то время к.т.н., а позже академик РАСХН И.Ф. Бородин. С ним активно работают по проблеме автоматизации д.т.н. В.И. Загинайлов, д.т.н. В.И. Тарушкин, д.т.н. Ю.А. Судник и др.

В заключение следует отметить, что автор этих строк многому научился у И.А. Будзко в теоретическом подходе к исследованиям, системности и междисциплинарности в исследованиях, в выборе методик решения научных задач, в подборе и научном руководстве молодыми учеными. Работа под руководством И.А. Будзко научила автора постановке новых научных задач, международному научному сотрудничеству, которому автор посвятил более 15 лет.

Благодаря приобретенному в научной школе И.А. Будзко опыту проведения исследований, дружбе между коллегами, международному сотрудничеству, автор развивает новые научные направления исследований по информационным технологиям и нанотехнологиям. Так воплощаются идеи и дела И.А. Будзко в новые направления исследований по электрификации сельского хозяйства России. Развитию этой науки Игорь Александрович Будзко посвятил всю свою сознательную жизнь. Высокому значению ученого научной школы И.А. Будзко автор посвятил свое стихотворение.

*Зачем живет, творит ученый?
Чтоб в сельский дом вошел прогресс,
Давал бы запах хлеб печеный,
Ученый чтоб в долги не лез.*

*Чтоб был надежно огорожен
Его научный огород,
Чтобы его страна-отчизна
Успешно двигалась вперед.*

*Учеников бы ветвь ветвилась,
Чтоб цель разили в глаз и в бровь
И чтоб в глазах у них светилась
Надежда, вера и любовь.*

В. Краусп

Литература

1. Будзко И.А., Захарин А.Г., Эбин Л.Е. Сельские электрические сети. М.: Госэнергоиздат, 1963. – 264 с.
2. Будзко И.А., Захарин А.Г., Эбин Л.Е., Левин М.С. Теоретические основы электроснабжения в сельском хозяйстве. М.: Колос, 1964. – 344 с.
3. Будзко И.А., Зуль Н.М., Краусп В.Р. Системы защиты сельских распределительных сетей // Электрические станции. 1959. №12.
4. Автоматизация передвижных дизельных электростанций, применяемых в сельском хозяйстве / Андрианов В.Н., Быстрицкий Д.Н., Краусп В.Р. и др. – М.: ЦБТИ НИИ Электропромышленности, 1959.
5. Автоматические отделители для секционирования сельских электрических сетей / Краусп В.Р., Будзко И.А., Зуль Н.М., Печковский Г.А., Молоснов Н.Ф., Митрофанов Л.Т. // Регистрация в Комитете по делам изобретений и открытий при СМ СССР. Приоритет от 25.04.1963. Удост. №3712.
6. Мурадян А.Е., Молоснов Н.Ф. Развитие научных исследований в ВИЭСХ по электроснабжению сельского хозяйства // Вестник ГНУ ВИЭСХ. Выпуск № 1. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2005. С. 51-64.
7. Сыроватка В.И. Научные достижения по механизации приготовления кормов // Там же. С. 182-191.
8. Будзко И.А., Краусп В.Р. Электрификация – основа автоматизации сельскохозяйственного производства // Вестник сельскохозяйственной науки. 1967. №10.
9. Будзко И.А., Краусп В.Р. Автоматизация предприятий послеуборочной обработки зерна // Механизация и электрификации социалистического сельского хозяйства. 1965. №5.
10. Будзко И.А., Краусп В.Р. Основные направления автоматизации процессов животноводства // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. 1962. №4.
11. Будзко И.А., Краусп В.Р. Перспективы автоматизации процессов послеуборочной обработки зерна // Вестник сельскохозяйственной науки. 1963. №10.
12. Краусп В.Р. Научный вклад академика И.А. Будзко в развитие и становление электроснабжения, электрификации и автоматизации сельского хозяйства // В кн. Будзко Игорь Александрович. К 100-летию академика ВАСХНИЛ, заслуженного деятеля науки и техники. М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2010, с. 47-48.
13. Краусп В.Р. Научная школа – это не только наука, но и дружба между коллегами // Там же. С. 62-64.
14. Молоснов Н.Ф. Памятные этапы работы под руководством академика И.А. Будзко // Там же. С. 67-70.
15. Сырых Н.Н. Патриот сельской электрификации // Там же. С. 70-73.
16. Краусп В.Р. Научные методы и опыт компьютеризации управления инновационными проектами АПК до 2020 г. Молодежная научная школа. Интернет- и нанотехнологии. Предприятия-автоматы. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2010. – 336 с.

ТВОРЧЕСКОЕ НАСЛЕДИЕ АКАДЕМИКА ВАСХНИЛ М.Г. ЕВРЕИНОВА – ПЕРВОГО ДИРЕКТОРА ВИЭСХ

Доктор техн. наук И.И. Свентицкий,
канд. техн. наук Н.Ф. Молоснов
(ГНУ ВИЭСХ)

Научные исследования в России по всем отраслям знаний до Октябрьской революции 1917 года проводились почти исключительно кафедрами высших учебных заведений.

После Октябрьской революции исследования по электрификации сельского хозяйства России продолжили известные инженеры-электроэнергетики широкого профиля. В первую очередь следует отметить Глеба Максимилиановича Кржижановского (1872 – 1959); Михаила Григорьевича Евреинова (1883 – 1969); Николая Андреевича Артемьева (1870 – 1948), впоследствии заместителя директора ВИЭСХ, руководителя ряда важных исследований института; Юрия Владимировича Скобельцына (1897 – 1988), организатора и руководителя Ленинградского филиала ВИЭСХ (1931 – 1937 гг.)



М.Г. Евреинов (1883–1969)

Первые исследования по сельской электрификации были выполнены на кафедре электротехники Московской сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева (ТСХА). Эта кафедра была организована в 1920 г. профессором Николаем Андреевичем Артемьевым, крупным специалистом в области промышленной электротехники. Он спроектировал много электростанций и электрических сетей в ряде городов России, принимал участие в их сооружении, был широко образованным ученым, человеком прогрессивных взглядов, принадлежал к представителям передовой профессуры еще дореволюционного времени, ставшим без колебаний работать с органами советской власти. Н.А. Артемьев был первым профессором электротехники в сельскохозяйственных вузах страны, он создал первые курсы лекций по этой новой в то время дисциплине, одновременно продолжая работать в электропромышленности.

В организованной им в 1922 г. лаборатории при кафедре были развернуты научные исследования. Здесь была устроена высоковольтная лаборатория, в которой выполняли прикладные работы по испытанию электрооборудования. Оплата этих работ обеспечивала финансовыми средствами перспективные исследования кафедры. Особенно глубоко изучались вопросы влияния на развитие растений электрического освещения, теплоты, влажности воздуха и почвы, электрического поля и ионного разряда. Для экспериментов проф. Н.А. Артемьев впервые в стране разработал и построил специальные закрытые камеры, названные им «люменостатами», в которых можно было выращивать растения в искусственных условиях. Впоследствии под именем фитотронов они получили широкое распространение в биологических и сельскохозяйственных научных учреждениях, особенно селекционных. Итоги его многолетних ис-

следований опубликованы в 1936 г. в книге Н.А. Артемьева «Проблемы энерговоздействия на рост растений».

Руководимая проф. Н.А. Артемьевым лаборатория занималась также вопросами электрификации сельскохозяйственных машин и орудий, бытовых приборов, использования отбросного тепла промышленных предприятий в сельском хозяйстве, автоматизации сельских дизельных электростанций и др. До конца своей жизни Н.А. Артемьев работал в ВИЭСХ, руководил рядом важных исследований. В лаборатории проф. Н.А. Артемьева в ТСХА начал свою научную деятельность в области сельской электрификации Михаил Григорьевич Евреинов.

Отец М.Г. Евреинова родом из дворян. До и после революции 1917 года государственный служащий. В системе Министерства и Наркомата путей сообщения он прослужил свыше 46 лет и умер в 1936 году. Мать (по профессии пианистка) умерла через год после рождения сына. М.Г. Евреинов в 1902 г. окончил гимназию с золотой медалью и поступил в Московский университет на физико-математический факультет. Прослушав 3 курса, в 1905 г. из-за участия в забастовке он был вынужден прекратить обучение в университете. С 1905 г. по 1910 г. он обучался на электротехническом факультете Высшего технического училища города Карлсруэ в Германии. Окончил училище со званием дипломированного инженера-электрика.

До октябрьской революции 1917 г. он работал по электрификации промышленности, городского транспорта, по производству электрооборудования. Один из руководителей Союза инженеров России, он способствовал тому, что после революции основная масса технических специалистов пошла работать вместе с советской властью по восстановлению и развитию промышленности.

М.Г. Евреинов принимал активное участие в составлении и реализации Государственного плана электрификации России (План ГОЭЛРО), идею которого развил глава правительства России В.И. Ленин в январе 1920 г.

В.И. Ленин 26 января 1920 г. в записке Г.М. Кржижановскому поставил задачу о разработке государственного плана электрификации страны на научной основе.

Состоявшаяся в 1920 г. первая сессия Всероссийского Центрального Исполнительного комитета (ВЦИК) VII созыва приняла 3 февраля резолюцию об электрификации России, в которой указано, что «для Советской России впервые представляется возможность приступить к более планомерному хозяйственному строительству, к научной разработке и последовательному проведению в жизнь государственного плана всего народного хозяйства», а также «поручить ВСНХ совместно с Народным комиссариатом земледелия разработать проект постройки сети электрических станций и в двухмесячный срок внести таковой на утверждение в Совнарком» [7].

Во исполнение этого решения I сессии ВЦИК VII созыва по инициативе В.И. Ленина 11 февраля 1920 г. было созвано совещание под председательством Г.М. Кржижановского при Отделе электротехнической промышленности Всероссийского Совета Народного хозяйства (ВСНХ).

На совещании обсуждали организацию специальной комиссии по электрификации для разработки вопросов электрификации страны и создания практической программы работ как по восстановлению имеющегося электрохозяйства, так и по сооружению новых электростанций. В работе совещания участвовали от Народного комиссариата земледелия профессор Б.И. Угримов и М.Г. Евреинов. Это совещание фактически было первым заседанием Государственной комиссии по электрификации

России (ГОЭЛРО). Второе заседание комиссии 17 февраля 1920 г. проходило под названием: Комиссия по электрификации промышленности и сельского хозяйства России.

План ГОЭЛРО является первым в мире научно обоснованным комплексным планом развития экономики страны. Этот план включал программу работ по электрификации отраслей народного хозяйства и регионов страны, в том числе – план электрификации сельского хозяйства.

Участие М.Г. Евреинова в подготовке содержательной части плана ГОЭЛРО заключалось в составлении «Доклада ГОЭЛРО об электрификации Центрального района России». Им был составлен доклад «Соображения о типах, мощностях и количестве моторов и других приемников тока для осуществления проектируемой электрификации Центрального района». Это громадный по масштабу и весьма важный по хозяйственной значимости промышленный район страны. Особое внимание М.Г. Евреинов в докладе обратил на вопросы электрификации сельского хозяйства, в то время весьма слабо изученные.

В тот период М.Г. Евреинов начал чтение лекций по электротехнике в ТСХА и проведение исследований по изучению влияния электрического тока на капиллярные явления в растениях. Там же им проводились полевые опыты по влиянию электрического поля на растения в открытом грунте. С известным электротехником профессором К.А. Кругом М.Г. Евреинов принял активное участие в создании в системе ВСНХ Всесоюзного научно-исследовательского электротехнического института им. В.И. Ленина (ВЭИ), в 1926 г. в нем был организован Отдел по применению электроэнергии в сельском хозяйстве. Отдел размещался в Дубровицах, вблизи г. Подольска Московской области. Здесь под руководством М.Г. Евреинова впервые в СССР был выполнен ряд исследований по электрификации сельскохозяйственного производства. В том числе испытания машин для электромеханической дойки коров (В.М. Севастьянов), по искусственной сушке сена (М.Г. Евреинов), автоматизации водоснабжения (А.М. Лаврентьев).

Коллегия Народного комиссариата земледелия СССР 28 марта 1930 г. приняла решение об организации в системе Академии сельскохозяйственных наук им. В.И. Ленина (ВАСХНИЛ) Научно-исследовательского института по электрификации сельского хозяйства (ВИЭСХ). Базой для создания института были Отдел по применению электроэнергии в сельском хозяйстве ВЭИ и кафедра электротехники ТСХА. Президиум ВАСХНИЛ 8 апреля 1930 г. назначил директором института проф. М.Г. Евреинова, заместителями директора проф. Н.А. Артемьева и Р.П. Слободкина [1].

М.Г. Евреинов в 1929 – 1930 гг. активно участвовал в организации Московского института механизации и электрификации сельского хозяйства (МИМЭСХ) и его кафедры по применению электроэнергии в сельском хозяйстве, которую возглавлял до 1965 г.

В марте 1930 г. Высшей аттестационной комиссией Всесоюзного комитета по высшей школе при Совнарком СССР М.Г. Евреинов был утвержден в ученом звании профессора по кафедре «Электрификации сельского хозяйства». В 1938 г. ему была присуждена ученая степень доктора технических наук. В 1947 г. М.Г. Евреинов был избран действительным членом-академиком ВАСХНИЛ.

В дальнейшем громадный опыт М.Г. Евреинова широко использовался при организации научных исследований, разработке практических рекомендаций, планировании электрификации сельского хозяйства.

В 1936 – 1939 гг. под его руководством проводились масштабные работы по обследованию ряда МТС и сельскохозяйственных предприятий с целью разработки практических рекомендаций по электроприводам сельскохозяйственных машин и механизмов.

Великая Отечественная Война 1941 – 1945 гг. нанесла огромный ущерб сельским электроустановкам. На временно оккупированных территориях они, как правило, были разрушены. В годы войны началось движение за развитие электрификации в восточных районах страны, используя местные ресурсы. В конце войны, в 1944 г., группа специалистов под руководством М.Г. Евреинова проводила разработки перспективных планов по электрификации сельского хозяйства СССР.

Основные труды М.Г. Евреинова посвящены вопросам применения оптического излучения и электронно-ионной технологии в сельском хозяйстве. Он автор методов предпосевной обработки семян в электрическом поле, ультрафиолетовым излучением и ультразвуком, методов сушки зерна токами высокой частоты. Исследовал задачи применения высоковольтных импульсов для защиты растений от вредителей, использования ультрафиолетового излучения при выращивании молодняка, проводил исследования в области электропривода сельскохозяйственных машин. Организовал серийное производство установок и облучателей, разработанных под его руководством в ВИЭСХ.

Особенностью М.Г. Евреинова было широкое привлечение молодых кадров к научной работе. Он доверял молодым специалистам, аспирантам и смело поручал им ответственные дела. По воспоминаниям известных ученых (академик И.А. Будзко, д.т.н. В.Ф. Королев), он привлекал студентов старших курсов МИМЭСХ к чтению лекций в этом же институте. В результате в 30-е годы прошлого века под руководством М.Г. Евреинова сложилась московская школа сельских электриков, успешно развивавшая новое направление электрификации сельского хозяйства [3].

Еще один из фактов внимания М.Г. Евреинова к росту молодых кадров приводит И.А. Будзко в этом же издании:

«... в журнале «Электрификация сельского хозяйства» (выходил с 1929 по июнь 1977 г., с 1934 по 1937 г. был органом ВИЭСХ) вышли в 1932 г. мои первые научные статьи. Дело было так: мы, комсомольцы ВИЭСХ, еще в 1931 г. в порядке шефской работы стали издавать рукописный журнал «За квалификацию». Были там и мои статьи. Прочитав наш журнал, профессор М.Г. Евреинов передал часть статей в журнал «Электрификация сельского хозяйства», даже не предупредив об этом авторов. Для меня было совершенно неожиданно и очень приятно впервые увидеть свою фамилию в печатном органе».

Под научным руководством М.Г. Евреинова выполнили и защитили кандидатские диссертации сотрудники и аспиранты ВИЭСХ: Новикова А.Е., Чумаченко В.А., Бобченко Л.И., Книппер Н.В., Смирнова И.С., Свентицкий И.И., Тильвикас А.А., Гурьянов В.А., Телеснин А.Б., Елисеев В.С., Кожевникова Н.Ф. [3].

В 1931 г. Государственным научно-техническим издательством была издана книга известного английского ученого Р. Борлэза Мэттьюса «Электрификация сельского хозяйства». Перевод был сделан под редакцией М.Г. Евреинова и к нему им были даны добавления, в которых излагались результаты исследований ТСХА и ВЭИ, выполненные при участии и под руководством М.Г. Евреинова. Это исследования по электромеханической дойке коров, сушке сена с помощью электрических вентиляторов, электрокультуре и светокультуре растений, электрическому освещению ночных полевых работ

и процессов молотьбы зерновых культур, автоматизации водоснабжения. Это была первая научная книга по сельской электрификации в Советском Союзе [8].

М.Г. Евреинов являлся организатором и членом редколлегии журналов «Электрификация сельского хозяйства» и «Теоретическая и экспериментальная электротехника». За заслуги перед страной М.Г. Евреинов награжден Орденом Ленина (1946 г.), двумя орденами Трудового Красного Знамени, государственными медалями и медалями ВСХВ и ВДНХ СССР.

Многосторонняя деятельность Михаила Григорьевича – производственная, научная, организаторская, педагогическая – в еще большей мере проявлялась в беседе с ним. Даже в непродолжительном обсуждении конкретной научной темы в области электрификации сельского хозяйства он мог внезапно переходить к разговору о национальных отношениях, этносу, эволюции, пассионарности и т.п. Это происходило как-то незаметно. Чаще всего он задавал вопросы, прямо не относящиеся к обсуждаемой теме. После получения ответов на эти вопросы он сразу возвращался к обсуждаемой теме, но обсуждение продолжалось уже в измененном направлении. Например, он меня спросил: «Когда Вы учились, у Вас были друзья другой национальности?». После ответа он рассказал очень краткий, но интересный эпизод из своей многонациональной студенческой жизни.

Запомнилось подобное отвлечение при обсуждении диссертационного вопроса об оценке действия оптического излучения на растения. Рассматривая конструкцию измерительного прибора, Михаил Григорьевич спросил: «Как Вы относитесь к распространенному мнению о том, что метрология это скорее соглашение между учеными и специалистами о том, что измерять и чем измерять, нежели обоснование какой-то объективной закономерности?». После моего согласия с этим распространенным мнением, он отметил несостоятельность этого мнения и указал на необходимость выявления детерминированной связи между метрологией различных величин и мировыми физическими постоянными и даже общей направленностью эволюции природы.

Используя зарождавшуюся в то время неклассическую (физическую) парадигму познания, нам удалось выявить такой детерминизм и в дальнейшей разработке метрологии эксэргии оптического излучения для растениеводства учесть квантовые свойства излучения на основе закона квантовой эквивалентности испускания и преобразования излучения [25]. Одновременно была выявлена неправомерность использования применявшейся в то время для оценки излучения в растениеводстве системы величин ФАР, так как эта система не учитывает квантовые свойства излучения и избирательность процесса фотосинтеза к излучениям различных длин волн. В последнее время на основе эволюционной (постнеклассической) парадигмы удалось выявить пять неразделимых, идеальных свойств прогрессивной эволюции и их детерминированную связь с квантовыми свойствами и метрологией эксэргии оптического излучения для растениеводства.

Как видно из схемы (рис. 1), в живых организмах обмен веществ, энергообмен и управляющие (информационные) процессы происходят одновременно в одних и тех же структурах. Это – неразделимая «триада жизни». Эволюционисты и ученые смежных специальностей установили, что прогрессивная эволюция имеет общую экономную направленность: энергетическую, вещественную и информационную. Следствием этой направленности являются красота и гармония самоорганизующихся (самоорганизованных) систем. По мере усложнения эволюционирующей системы ее



Рис. 1

эволюция ускоряется. Эти свойства имеют теоретические и эмпирические подтверждения.

Приведем кратко пример эмпирического подтверждения ускорения эволюции систем с усложнением ее структуры. Это важное свойство эволюции было выявлено математическим расчетом скорости эволюции исходя из положений дарвиновской теории (случайное появление положительных мутаций, их отбор) [26]. С учетом площади поверхности Земли и времени ее существования по результатам расчетов с использованием теории вероятности на Земле в настоящее время могли существовать только микроорганизмы. Реальная скорость эволюции оказалась ускоренной, по сравнению с расчетной, примерно на 7–8 порядков. В настоящее время эмпирически установлены структуры полных геномов отдельных организмов. При сравнении структур геномов человека и мыши оказалось: в геноме мыши только 1% структур отличается от структур генома человека, а в геноме человека примерно 10% структур отличается от структур генома мыши. По этим данным за время, прошедшее с момента разделения генетических ветвей человека и мыши, развитие генетических структур в ветви человека ускорилось примерно в 10 раз.

В этом яркий пример плодотворности творческих рассуждений Михаила Григорьевича Евреинова – научного руководителя. Один из авторов этой статьи уже сообщал в ранее опубликованной статье [5] о его исключительной общей человеческой гуманности и доброжелательности. Катастрофический дефицит гуманизма в совре-

менном монополюльно-капиталистическом обществе нашел сравнительно мягкое официальное отражение в научном труде австрийского ученого-этолога, лауреата Нобелевской премии Конрада Лоренца «Восемь смертных грехов цивилизованного человечества» [27]. Убедимся в непричастности Михаила Григорьевича к подобным грехам. Под грехом № 1 К. Лоренц сформулировал следующее: «1. Перенаселение Земли, вынуждающее каждого из нас защищаться от социальных контактов, отгораживаясь от них некоторым в сущности «нечеловеческим» способом, и, сверх того, непосредственно возбуждающим агрессивность...». Михаил Григорьевич был доступен для социальных, научно-педагогических и производственных научных контактов со всеми, кто этого желал. Тем самым он не был грешен в отношении этого греха цивилизованного человечества.

Грех №2 состоит в следующем [27]: «2. Опустошение естественного жизненного пространства, не только разрушающее внешнюю природу, в которой мы живем, но и убивающее в самом человеке всякое благоговение перед красотой и величием открытого ему творения». Основные исследования Михаила Григорьевича и его учеников направлены на повышение урожайности растений и продуктивности животных, создание более благоприятных условий для их роста и развития. В летний период он жил в деревенском домике с садом и наслаждался красотой и гармонией природы. Он непричастен и к этому греху.

Смертный грех №3 [27]: «3. Бег человечества наперегонки с самим собой, подстерегающий гибельное, всё ускоряющееся развитие техники, делает людей слепыми ко всем подлинным ценностям и не оставляет им времени для подлинной человеческой деятельности – размышления». Работы Михаила Григорьевича были направлены на развитие техники, но техники, повышающей урожайность и продуктивность. Выше отмечали высокую плодотворность его размышлений, что свидетельствует о непричастности его и к этому греху цивилизованного человечества.

Грех №4 «4. Исчезновение всех сильных чувств и аффектов вследствие изнеженности. Развитие техники и фармакологии порождает нетерпимость ко всему, что вызывает малейшее неудовольствие. Тем самым исчезает способность человека переживать ту радость, которая дается лишь ценой тяжких усилий при преодолении препятствий. Приливы страданий и радости, сменяющие друг друга по воле природы, спадают, превращаясь в мелкую зыбь невыразимой скуки». Из биографии Михаила Григорьевича можно видеть, что его жизненный путь с самого детства был нелегким и сложным. Его дворянское происхождение и беспартийность в период революционной перестройки осложняли его производственную и общественную деятельность. Есть основания считать, что он познал немалые «неудовольствия». Все, кто с ним общался, мог видеть в нем приливы радости. И этот грех в полной мере не был свойствен ему.

Под пятым смертным грехом в [27] понимается процесс генетического вырождения, противодействия которому современное цивилизованное человечество ещё не выработало. Можно отметить, что открытие возможности клонального размножения человека может обострить эту проблему. Подобная угроза в первой половине XX столетия возникла в связи с развитием этически сомнительных исследований по евгенике – антисоциальному направлению, которые были признаны негативными и прекращены. Известно, что Михаил Григорьевич, как и другие противники евгеники, не поддерживал ее, что также свидетельствует о непричастности его и к этому виду греха цивилизации.

Смертный грех №6 в [27] «6. Разрыв с традицией. Он наступает, когда достигается критическая точка, за которой младшему поколению не удастся достичь взаимопонимания со старшими, не говоря уже и о культурном отождествлении с ним. Поэтому молодежь обращается со старшими, как с чужой этнической группой, выражая им свою национальную ненависть. Это нарушение отождествления происходит, прежде всего, от недостаточного контакта между родителями и детьми, вызывающего патологические последствия уже у грудных младенцев». У Михаила Григорьевича дочь избрала путь отца. Она проводила исследования в области ядерной физики, но получила избыточную облученность и рано ушла из жизни.

Наиболее опасный для ученых и педагогов грех цивилизованного человечества (грех №7 по [27]) – унификация представлений во всех сферах деятельности, прежде всего в науке, преподавании. Научные труды, учебные пособия, лекции Михаила Григорьевича были посвящены новым направлениям. Этот грех также отсутствовал у М.Г. Евреинова.

Восьмым смертным грехом цивилизованного человечества К. Лоренц считает ядерное оружие: «8. Ядерное оружие навлекает на человечество опасность, но ее легче избежать, чем опасностей описанных выше семи других процессов». Хотя Россия (СССР) по вооруженности ядерными средствами и занимает второе место в мире, но М.Г. Евреинов, как и весь народ России, считает их средством сдерживания агрессии.

Рассмотренные смертные грехи цивилизованного человечества тесно связаны причинно-следственными отношениями. Они не только угрожают гибелью современной культуры, но и существованию всего человечества как вида. Истоком этой связи является самое сложное и наиболее негативное свойство популяции человека – эгоизм, проявляющийся в разных формах и на различных уровнях организации человеческого общества: от индивидуального и семейного до группового, партийного, классового и национального. Кто знал М.Г. Евреинова, тот убеждался воочию, в наиболее низком уровне его личного и семейного эгоизма, а также в его стремлении снизить уровень проявления эгоизма в тех, кто с ним общался. В эгоизме, пожалуй, главная исходная причина возникновения всех грехов цивилизованного общества. Личная непричастность М.Г. Евреинова к перечисленным и иным грехам цивилизованного человечества свидетельствует о том, что он был и остается в нашем представлении альтруистом, как Человек, Педагог, Ученый...

Литература

1. *Стребков Д.С., Молоснов Н.Ф.* Роль ВИЭСХ в становлении и развитии электрификации сельского хозяйства (К 70-летию института) // Энергетика и электромеханизация сельского хозяйства. Научные труды. Том 87. М.: ВИЭСХ, 2000. С. 3 – 33.
2. *Будзко И.А.* Организация научных исследований по электрификации сельского хозяйства // Научные труды по электрификации сельского хозяйства: Научные основы электрификации сельского хозяйства. Том XX. Под ред. П.Н. Листова. – М.: ВИЭСХ, 1967. С. 29-36
3. *Будзко И.А.* Электрификация сельского хозяйства // В кн. Электрификация России: Воспоминания старейших энергетиков / Сост.: Д.Г. Котилевский, А.М. Маринов. – М.: Энергоатомиздат, 1984. С. 299 – 314.
4. *Евреинов М.Г., Тихомиров В.Г., Смирнова И.С.* и др. Предпосевная обработка семян переменным током высокого напряжения // Вестник сельскохозяйственной науки. 1962. №8.
5. *Свентицкий И.И.* Воспоминания о Михаиле Григорьевиче Евреинове // Вестник ГНУ ВИЭСХ. Научный журнал. Вып. №1/2005. Серия «Энергообеспечение, электромеханизация и автоматизация сельского хозяйства» К 75-летию ВИЭСХ. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2005. – С. 283 – 286.

6. *Молоснов Н.Ф.* Подготовка и аттестация научных кадров по энергетике, электрификации и автоматизации сельского хозяйства и электромеханизации животноводства в ВИЭСХ (1930 – 2004 годы): Ретроспективный указатель диссертаций, защищенных сотрудниками, докторантами и соискателями ВИЭСХ. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2005. – 104 с.
7. Труды государственной комиссии по электрификации России. ГОЭЛРО: Документы и материалы. – М.: Изд-во социально-экономической литературы, 1960. – 307 с.
8. *Мэттьюс Р.Б.* Электрификация сельского хозяйства. Перевод с англ. с добавлением проф. М.Г. Евреинова. – М.–Л.: ОГИЗ, 1931. – 255 с. (Добавления проф. М.Г. Евреинов. – С. 211 – 255.)
9. Электрификация сельского хозяйства / Под общ. ред. М.Г. Евреинова. – Том I. Электропривод и электротепло / М.Г. Евреинов, А. Лаврентьев, Д.С. Чукаев, Е. Корольков, Б. Протопопов. – М.: Сельхозгиз, 1933. – 394 с.
10. Электрификация сельского хозяйства / Под общ. ред. М.Г. Евреинова. – Том II. Электромеханический транспорт. Электрическое силосование сочных кормов, отходов сельского и лесного хозяйства, искусственная сушка сена / М.Г. Евреинов, В. Иванов, Я. Кулешов, Г.И. Назаров и др. – М.: Сельхозгиз, 1933. – 336 с.
11. *Евреинов М.Г.* Применение электричества в сельском хозяйстве: Учебное пособие для сель.-хоз. вузов. – М.: Сельхозгиз, 1938. – 308 с.
12. *Евреинов М.Г.* Применение электричества в сельском хозяйстве. Учебное пособие для сель.-хоз. вузов. Изд. 2-е. – М.: Сельхозгиз, 1948. – 456 с.
13. *Евреинов М.Г.* Применение электрической энергии в сельском хозяйстве. М.: Сельхозгиз, 1958.
14. *Евреинов М.Г.* Применение электрической энергии в сельскохозяйственном производстве и задачи эксплуатации в этой области (Доклад на конференции-курсах по эксплуатации сельских электроустановок). – Запорожье: Обл. газетное изд-во, 1950. – 14 с.
15. *Евреинов М.Г.* Электрификация сельского хозяйства. М.: Госкультпросветиздат, 1954. – 20 с.
16. Энергетика народного хозяйства в плане ГОЭЛРО. – М.: Экономика, 1966.
17. *Свентицкий И.И.* Развитие работ по биоэнергетике // Энергетика и электромеханизация сельского хозяйства. Научные труды. Том 87. – М.: ВИЭСХ, 2000. С. 269 – 284.
18. Справочник по электрификации сельского хозяйства / Научные редакторы: М.Г. Евреинов, М.Ф. Поярков, В.Н. Степанов, М.Е. Бейлис, А.М. Саркисян. Сост.: Н.А. Сазонов, И.М. Шидарев. – М.: Сельхозгиз, Главсельэлектро Минсельхоза СССР, ВИЭСХ, 1949. – 599 с.
19. *Свентицкий И.И.* Экологическая биоэнергетика растений и сельскохозяйственное производство. – Пушино: ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1982.
20. *Листов П.Н., Свентицкий И.И.* Поисковые инженерные исследования по сельскохозяйственной биоэнергетике // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. 1972. №11. С. 9 – 11.
21. Михаил Григорьевич Евреинов: к 75-летию со дня рождения / *И.А. Будзко, Г.И. Назаров* // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. 1958. №6. С. 56 – 57.
22. *Будзко И.А.* Выдающийся ученый в области электрификации (об академике ВАСХНИЛ М.Г. Евреинове) // Вестник сельскохозяйственной науки. 1961. №9. С. 150 – 151.
23. Выдающиеся ученые МИМЭСХ – МИИСП – МГАУ. История в лицах. – М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2010. – 174 с.
24. *Каменева В.А.* Н.А. Артемьев (1870–1948). Киев: Гостехиздат, УССР, 1960. – 76 с.
25. *Свентицкий И.И.* Энергосбережение в АПК и энергетическая экстремальность самоорганизации. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2007.
26. *Тарасов Е.К.* Физические аспекты проблемы биологической эволюции. М.: Изд-во теор. и экспер. Физики, 1979.
27. *Лоренц К.* Восемь смертных грехов цивилизованного человечества. М.: Республика, 1998.

ИСТОРИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ (к 80-летию ВИЭСХ)

Доктор техн. наук **Е.В. Халин**
(ГНУ ВИЭСХ)

Для проведения широких научных исследований по обеспечению электробезопасности сельскохозяйственного производства, научного обоснования практически целесообразных мероприятий и координации научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, проводимых в стране в этой области, в 1969 году во Всесоюзном (с 1991 года Всероссийском) НИИ электрификации сельского хозяйства (ВИЭСХ) была создана лаборатория техники электробезопасности. Работы по электробезопасности до создания лаборатории велись под руководством проф. Л.Э. Эбина в лаборатории электроснабжения. Руководители лаборатории техники электробезопасности со дня ее создания: А.И. Якобс (1969–1987 гг.), д.т.н. С.И. Коструба (1987–1993 гг.), Е.В. Халин (с 1993 г. по настоящее время).

Необходимость организации лаборатории была продиктована рядом обстоятельств. К середине 1950 годов сложились необходимые условия для массового подключения сельских потребителей электроэнергии к государственным электрическим сетям, что обусловило интенсификацию взаимодействия людей с электроустановками и, как следствие, к росту электротравматизма в сельскохозяйственном производстве и быту. Причем при потреблении сельским хозяйством к концу шестидесятых годов около 5% электроэнергии, вырабатываемой в стране, число электротравм составляло около 37% от всего производственного электротравматизма в стране. Наряду с электротравматизмом людей быстро росло и число электропоражений сельскохозяйственных животных и в первую очередь крупного рогатого скота.

Объективные причины производственного электротравматизма заключались в низком уровне квалификации монтажного, ремонтного и эксплуатационного персонала, в отсутствии централизованного снабжения необходимым электрооборудованием и другими электротехническими средствами и, как следствие, в применении электрооборудования, не предназначенного для эксплуатации в тяжелых условиях окружающей среды – при повышенной влажности, запыленности, наличии химически агрессивных паров и газов; в отсутствии и несовершенстве электрозащитных технических средств; в возрастающей протяженности воздушных электрических сетей, проходящих по производственным территориям и возделываемым полям.

Основными системными задачами достижения требуемого уровня электробезопасности сельскохозяйственного производства являются обеспечение электробезопасности производственного оборудования, производственных процессов, зданий и сооружений; обучение работающих требованиям электробезопасности и обеспечение их средствами индивидуальной защиты; профессиональный отбор работающих по отдельным специальностям и все это в среде достоверной, полной и оперативной информации по всем аспектам состояния электробезопасности на производстве. В соответствии с этим выделяются три группы электрозащитных мероприятий в зависимости от методов и способов их реализации: организационные и организационно-

технические, технические и по обеспеченности средствами индивидуальной защиты, по обученности и достижению профессионального соответствия персонала.

Перед созданной лабораторией техники электробезопасности были поставлены задачи организации научных исследований по электробезопасности с целью предотвращения производственного и бытового электротравматизма людей и гибели животных. Научные исследования проводились по следующим основным направлениям: разработка и совершенствование систем технических средств электрозащиты (защитного отключения, заземления и зануления); разработка специального электрооборудования, отвечающего требованиям электробезопасности при эксплуатации в сельскохозяйственном производстве; разработка методов анализа, оценки и прогнозирования состояния электробезопасности; построение методов оценки влияния электрического тока на людей и сельскохозяйственных животных; разработка новых методов расчета заземляющих устройств; разработка средств электрозащиты сельскохозяйственных животных; разработка методов оценки экономической и электрозащитной эффективности технических способов и средств защиты; разработка общих нормативных и инструктивных материалов по электробезопасности сельскохозяйственного производства и по отдельным типам электроустановок.

В последние годы к приведенным направлениям добавились исследования по созданию интеллектуальных информационно-коммуникационных методов и технологий, включающих автоматизированные рабочие места специалистов по электробезопасности и специалистов, ответственных за подготовку и аттестацию персонала по электробезопасности.

В разное время в лаборатории техники электробезопасности работали: доктора технических наук – А.И. Якобс, С.И. Коструба, Е.В. Халин; кандидаты технических наук – Ю.С. Борисов, М.И. Верхоглядов, Ю.Г. Водяницкий, П.А. Кац, Ю.М. Куприянович, Н.Н. Липантьева, Мишкин В.М, Шаматава В.Д.; инженеры – М.Н. Вахитова, Е.И. Горин, Т.Т. Гриднева, О.Ю. Гуляева, И.А. Казакевич, В.И. Климов, В.И. Леонова, Е.Е. Михайлова, К.Г. Ольшаников, В.К. Панова, Б.Н. Пац, Л.Ю. Плутова, М.О. Этрекова.

Исследования выполнялись как силами лаборатории техники электробезопасности ВИЭСХ, являвшейся головной организацией, так и других научных, учебных, опытно-конструкторских учреждений и предприятий, работы по электробезопасности сельскохозяйственного производства которых координировались лабораторией (АзНИИМЭСХ (г.Кировабад), Алтайский ПТИ (г.Барнаул), ВНИИОТ (г.Ленинград), ВНИИОТСХ (г.Орел), ВНИИПЭМ (г.Москва), ВНИИР (г.Чебоксары), ВНИИТЭИАгропром (г.Москва), ВНИИэлектропривод (г.Москва), ВЦНИИОТ (г.Москва), ГИПРОНИсельхоз (г.Москва), Главгосэнергонадзор Минтопэнерго РФ, ГрузНИИМЭСХ (г.Тбилиси), ГрузСХИ (г.Тбилиси), завод "Мегомметр" (г. Умань), КазСХИ (г.Алма-Ата), КСХИ (г.Симферополь), МИИСП (МГАУ) (г.Москва), МИИТ (г.Москва), НИПТИМЭСХ СЗ (г.Ленинград), Сельэнергопроект (г.Москва), ТаджПТИ (г.Душанбе), ТБИОТ (г.Тбилиси), УкрНИИМЭСХ (г.Киев), УкрСХИ (г.Киев), ЦНИПТИМЭЖ (г. Запорожье), ЧИМЭСХ (г.Челябинск), Энергосетьпроект (г.Москва). Ряд работ выполнялся в сотрудничестве с МГОУ (г.Москва), РГАЗУ (г.Балашиха), МЭИ (ТУ) (г.Москва), РХТУ (г.Москва), МГУПС (МИИТ) (г.Москва), ВНИИКП (г.Москва).

Была поставлена общая задача опережающего развития основ электробезопасности в сельском хозяйстве при одновременном выполнении прикладных работ по совершенствованию электрозащитных способов, средств и мероприятий. Конечная цель работы состояла в решении научно-технической проблемы, заключающейся в разработке, создании и обеспечении надежного функционирования новой эффективной системы электробезопасности, обеспечивающей заданную высокую и надежную электробезопасность при наименьших затратах.

Работы базировались на созданной и развиваемой теории электробезопасности, предусматривающей последовательное применение современного математического аппарата теории вероятностей, математической статистики и теории множеств, позволившего полно и объективно учесть влияние на состояние электробезопасности множества технических, медико-биологических, социальных и других факторов с использованием вероятности в качестве наиболее полной и объективной характеристики состояния электробезопасности. Были найдены подходы к обоснованию рационального уровня электробезопасности людей и сельскохозяйственных животных и требований к характеристикам надежности технических средств электрозащиты.

Работы выполнялись в рамках единых исследований системы обеспечения электробезопасности, включающих исследования подсистем информационного обеспечения, технических способов и средств защиты, организационных мероприятий, эксплуатационного контроля параметров электробезопасности установок, нормативно-технической документации. Для обеспечения дифференцированного подхода к применению электрозащитных средств была организована разработка методов количественной оценки электробезопасности и оценки экономической эффективности применяемых средств защиты.

К наиболее важным результатам многолетних исследований можно отнести следующие: нормы на предельно допустимые уровни воздействия тока и напряжений прикосновения на человека и сельскохозяйственных животных; устройства защитного отключения, включая технические требования с определением электрозащитной эффективности, конструкцию, освоение серийного производства; методы обоснования требований и оценки соответствия электрозащитных характеристик электроустановок заданному уровню электробезопасности; методы анализа и прогнозирования производственного электротравматизма в сельском хозяйстве, включающие математико-статистические методы определения количественных показателей электротравм и вероятностные прогностические модели; ведомственные руководящие и инструктивные материалы по обеспечению электробезопасности электротермических установок, по применению вентильных разрядников для грозозащиты, по измерениям электрических характеристик заземляющих устройств трансформаторных подстанций и распределительных устройств, по выполнению устройств для выравнивания электрических потенциалов на фермах крупного рогатого скота, по обеспечению электробезопасности животных на свиноводческих и овцеводческих фермах, по монтажу и эксплуатации защитно-отключающих устройств по току утечки, по прогнозированию уровня электробезопасности в сельском хозяйстве, расчета потребности технических средств обеспечения электробезопасности в сельском хозяйстве, по обеспечению электробезопасности при выполнении работ вблизи воздушных линий электропередачи, по определению социально-экономической эффективности электрозащитных мероприятий, по нормам допустимых токов и напряжений прикосновения для крупного рогато-

го скота; способ электрозащиты животных с применением устройства для выравнивания электрических потенциалов; комплексная экзаменационно-обучающая система по электробезопасности.

Проводилось обучение эксплуатационного персонала на семинарах, конференциях по пропаганде новых технических средств защиты от поражения электрическим током. Выпускались книги, брошюры по электробезопасности сельскохозяйственного производства, предназначенные как для инженерно-технических работников, так и для сельских электриков, электромонтеров.

К середине семидесятых годов темпы роста электротравматизма в сельскохозяйственном производстве снизились, несмотря на значительный рост электровооруженности труда, что наряду с реализацией других организационных и технических мер можно отнести к результатам интенсивного практического применения разработок лаборатории электробезопасности ВИЭСХ и координируемых ею организаций.

Внедрение разработок лаборатории оценивается значительным экономическим и социальным эффектом, о чем свидетельствует снижение не только относительных показателей электротравматизма, но и абсолютного числа электротравм. Полностью была решена проблема надежной электробезопасности животных на фермах и животноводческих комплексах.

В восьмидесятых годах лаборатория продолжала работы по развитию и усовершенствованию общей теории электробезопасности, совершенствованию методов количественной оценки электрозащитной эффективности средств защиты и экономической эффективности их применения, разработке технических средств электрозащиты с возможностью их промышленного производства, разработке изменений для действующих нормативно-технических документов. За комплекс проведенных лабораторией научных исследований и внедрение их результатов в производство коллективу сотрудников лаборатории была присуждена Премия Совета министров СССР.

В лаборатории организована систематическая работа по стандартизации в области электробезопасности, безопасности производства и охраны труда. Разработаны и введены в действие 14 нормативных документов [1–14]. Подготовлены 1-е редакции национальных стандартов: "Способы выравнивания потенциалов для защиты от поражения электрическим током и устранения электропатологии животных", "Система стандартов безопасности труда. Автоматизированное обучение". Ввод стандартов в действие запланирован соответственно на 2011 и 2012 годы.

Сотрудники лаборатории регулярно принимали активное участие в разработке изменений и дополнений к Правилам устройства электроустановок (ПУЭ), Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей и Правил безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей, в том числе в части требований к сельскохозяйственным электроустановкам. Наиболее заметным результатом явилось включение в последнее 7-е издание ПУЭ подглавы "Электроустановки помещений для содержания животных", отсутствующей во всех предыдущих изданиях ПУЭ [15].

В результате патентных исследований сотрудниками лаборатории получено более 60 патентов. За последние 15 лет сформирован пакет инновационных предложений по техническим решениям обеспечения электробезопасности, включающий более 20 патентов.

В последние годы важным инновационным направлением работ лаборатории рассматривается разработка интеллектуальных информационно-коммуникационных

систем обеспечения электробезопасности на базе телекоммуникационных и компьютерных систем и технологий, встраиваемых в систему управления производством. Эти системы включают автоматизированные рабочие места специалистов по электробезопасности, автоматизированные рабочие места ответственных за подготовку и аттестацию по электробезопасности, интеллектуальные программные комплексы поддержки принятия решений по обеспечению электробезопасности сельскохозяйственного производства, интеллектуальные программные комплексы подготовки и аттестации персонала по электробезопасности сельскохозяйственного производства, работа которых организуется с использованием формализованных знаний высококвалифицированных специалистов по электробезопасности, включая опыт и знания, накопленные в результате многолетних исследований лаборатории, причем особенностью этих систем является возможность оперативного доведения до конечного пользователя актуальных сведений и знаний и создание гибкой информационной среды, позволяющей специалисту по электробезопасности предприятия или организации любой формы собственности принимать рациональные технические и организационные решения по снижению производственного электротравматизма с учетом особенностей конкретного производства и проводить квалифицированную подготовку и контроль знаний персонала по электробезопасности [16–19]. Новизна исследований подтверждена 6-ю патентами, одними из первых в РФ в сфере информационных способов и устройств в области безопасности производства.

Результаты исследований лаборатории техники электробезопасности опубликованы более чем в 1100 статьях и 20 монографиях, книгах и учебных пособиях. Наиболее важные издания приведены в списке литературы [16–25].

Литература

1. ГОСТ 12.2.042–91 "ССБТ. Машины и оборудование для животноводства и кормопроизводства. Общие требования безопасности". – М.: Издательство стандартов, 1992. – 34 с.
2. ОСТ 70.2.33–80 "ССБТ. Машины и оборудование для животноводства и кормопроизводства. Методы оценки безопасности. Эргономическая оценка". – М.: ВАСХНИЛ, 1980. – 24 с.
3. ОСТ 70.0004.0013–81 "ССБТ. Электропроводки для объектов сельскохозяйственного производства. Виды и общие технические требования на монтаж". – М.: ВАСХНИЛ, 1981. – 17 с.
4. ГОСТ 12.1.038–82 "ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновений и токов". – М.: Изд-во Госстандарта, 1983. – 19 с.
5. ОСТ 46 180–85 "Защита сельскохозяйственных животных от поражения электрическим током. Выравнивание электрических потенциалов. Общие технические требования". – М.: ВАСХНИЛ, 1985. – 24 с.
6. ГОСТ Р 50669–94 "Электроснабжение и электробезопасность мобильных (инвентарных) зданий из металла или с металлическим каркасом для уличной торговли и бытового обслуживания населения". – М.: Издательство стандартов, 1995. – 11 с.
7. ГОСТ Р 50571–96 "Электроустановки зданий. Часть 7. Требования к специальным электроустановкам. Раздел 705. Электроустановки сельскохозяйственных и животноводческих помещений. – М.: Издательство стандартов, 1996. – 9 с.
8. ГОСТ Р 50571.18–2000 "Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Глава 44. Защита от перенапряжений. Раздел 442. Защита электроустановок до 1 кВ от перенапряжений, вызванных замыканиями на землю в электроустановках выше 1 кВ". – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. – 20 с.

9. ГОСТ Р 50571.19–2000 "Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Глава 44. Защита от перенапряжений. Раздел 443. Защита электроустановок от грозовых и коммутационных перенапряжений". – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. – 8 с.
 10. ГОСТ Р 50571.20–2000 "Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Глава 44. Защита от перенапряжений. Раздел 444. Защита электроустановок от перенапряжений, вызванных электромагнитными воздействиями". – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. – 12 с.
 11. ГОСТ Р 50571.21–2000 "Электроустановки зданий. Часть 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Раздел 548. Системы заземления и уравнивания потенциалов электроустановок и оборудования информационных технологий". – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. – 16 с.
 12. ГОСТ Р 50571.22–2000 "Электроустановки зданий. Часть 7. Требования к специальным электроустановкам. Раздел 707. Заземление оборудования обработки информации". – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. – 8 с.
 13. ГОСТ Р 50571.23–2000 "Электроустановки зданий. Часть 7. Требования к специальным электроустановкам. Раздел 704. Электроустановки строительных площадок". – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. – 8 с.
 14. ГОСТ Р 50571.25–2001 "Электроустановки зданий. Часть 7. Требования к специальным электроустановкам. Электроустановки зданий и сооружений с электрообогреваемыми полами и поверхностями". – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 20 с.
 15. Правила устройства электроустановок. – СПб.: ДЕАН, 2004. – 463 с.
 16. Халин Е.В. Информационная технология обеспечения безопасности производства. – М.: ВИНТИ, 1997. – 172 с.
 17. Халин Е.В. Компьютерные обучение и аттестация по безопасности производства. – М.: Изд-во НЕЛА–Информ, 2006. – 208 с.
 18. Халин Е.В. Безопасность производства: Технологии, способы, устройства. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2006. – 372 с.
 19. Халин Е.В., Стребков Д.С., Липантьева Н.Н., Коструба С.И. Основы электрической безопасности. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2010. – 584 с.
 20. Коструба С.И. Измерение электрических параметров земли и заземляющих устройств. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 168 с.
 21. Ганелин А.М., Коструба С.И. Справочник сельского электрика. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1988. – 304 с.
 22. Коструба С.И. Электробезопасность на фермах. – М.: Росагропромиздат, 1990. – 72 с.
 23. Яковс А.И., Луковников А.В. Электробезопасность в сельском хозяйстве. – М.: Колос, 1981. – 239 с.
 24. Бургсдорф В.В., Яковс А.И. Заземляющие устройства электроустановок. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 400 с.
 25. Справочник инженера-электрика сельскохозяйственного производства: Учебное пособие / Стребков Д.С., Мурадян А.Е., Халин Е.В., Коструба С.И. и др. – М.: Информагротех, 1999. – 536 с.
-
-

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

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

Надежность характеризует способность электрической системы в любой момент времени обеспечить электроэнергией присоединенных к ней потребителей. Надежность системы электроснабжения зависит от многих факторов, в числе которых конструктивная надежность элементов, схема их соединения, качество эксплуатационного обслуживания, степень автоматизации, климатические условия и др. Важную роль в обеспечении надежности играют сетевое и автономного резервирование, а также секционирование сетей.

Расчетные методы оценки предназначены инженерам проектных и эксплуатационных организаций для обоснования уровня надежности, выбора схем электроснабжения и мероприятий по реконструкции сетей.

Работа направлена на повышение надежности электроснабжения потребителей электроэнергии, снижение ущерба от отключений сельских сетей и представляет результат фундаментального исследования лаборатории Электроснабжения ГНУ ВИЭСХ.

Альтернативой методам расчета надежности являются статистические данные об аварийных отключениях сети и потребителей электроэнергии. Статистические данные не полны, часто противоречивы, а порой отсутствуют, что затрудняет оценку надежности и ущерба от вынужденных перерывов и приводит к необходимости разработки специальных методов расчета на их основе. При разработке методов расчета (оценки) надежности использованы основные положения исследования операций, системный анализ, элементы теории надежности, прикладной статистический анализ. Результаты получены с применением пакета программ STATISTICA в среде Microsoft Windows, а также собственных программ автора.

Ниже представлены инженерный метод и метод учета старения, предназначенные для сельских распределительных электрических сетей среднего напряжения 10(6) – 35 кВ. Самостоятельное значение приобрел метод нормирования, позволивший получить новые нормативные показатели надежности с привязкой к схемам электроснабжения [1]. Методы не имеют аналогов. Их можно использовать для оценки надежности питающих сетей напряжением 220, 110, 35 кВ и распределительных сетей до 1000 В. Категорирование потребителей электроэнергии [2], нормирование надежности [1], статистические показатели не исключают использование расчетных методов, а дополняют их.

Инженерный метод расчета надежности электроснабжения и метод нормирования основаны на простейшем потоке отказов с восстановлением. Простейший поток определяют как поток без последствия. Он обладает свойствами ординарности, стационарности и подчиняется закону Пуассона. Ординарность потока означает, что вероятность совмещения двух или более событий в один и тот же момент времени ничтожно мала. Для стационарного потока событий (отказов) параметр не зависит от времени.

Разработанный метод учета старения построен на базе ординарного нестационарного потока (без восстановления), характеризуемого интенсивностью отказов. Для нестационарного потока событий параметр изменяется во времени. Нормальный закон распределения описывает наступление массовых отказов за пределами зоны стационарности, вблизи нормативного срока службы электрооборудования. Нормальное распределение применимо, если на исследуемую величину действует система многих случайных факторов, каждый из которых вносит незначительный вклад в суммарное отклонение величины от среднего значения (по сравнению с совокупностью всех основных факторов). Это условие характерно для времени возникновения отказа, вызванного старением.

Основными показателями надежности ремонтируемых изделий [3] служат параметр потока отказов и средняя длительность вынужденных (аварийных) отключений. Среднее число аварийных отключений ремонтируемого изделия в единицу времени называют частотой, определяют за один год. При простейшем потоке отказы равномерно распределены по годам. В этом смысле частота отказов не зависит от времени, соответствует параметру потока и равна интенсивности отказов. Поток отказов в течение года нельзя считать простейшим, так как оказывает влияние нестационарность, связанная с сезонами и климатическими районами. Средняя длительность аварийных (вынужденных) отключений измеряется в часах (на одно отключение). Это среднее время вынужденного простоя, или восстановления, необходимое для отыскания и устранения одного отказа.

Инженерный метод и метод нормирования позволяют учесть неполноту исходной информации и соответствуют периоду нормальной работы сети и ее элементов. Инженерный метод расчета и метод нормирования надежности следует использовать в пределах зоны стационарности, метод учета старения применим за ее границей.

Статистические показатели надежности элементов сети (ВЛ, трансформаторов, выключателей, разъединителей и т.д.) традиционно определяют на основе обработки результатов многолетних наблюдений. При этом исключают данные об отказах нового электрооборудования, введенного в эксплуатацию в течение первого-второго года как обладающего повышенной повреждаемостью, а также старого, срок службы которого истекает. Таким образом, статистические данные о надежности относят к периоду нормальной работы, т.е. к зоне стационарности.

Широкий разброс данных о надежности отражает влияние неполноты информации. Если уточнить информацию с учетом конкретных условий (местных климатических особенностей, уровня эксплуатации электрооборудования и др.), то можно сузить область неопределенности или снять неопределенность.

Надежность элементов электрических сетей и потребителей электроэнергии в период нормальной работы следует оценивать интервалами возможных значений показателей (ввиду неполноты исходной информации об отключениях электроснабжения). Для расчетов необходимо использовать логико-аналитический метод диаграмм и моделировать схему электрических соединений последовательно или параллельно соединенными (по надежности) элементами (блоками). Диаграммы интерпретируют логические операции и/или.

Если повреждение любого из элементов электрической схемы вызывает нарушение электроснабжения потребителя, то такие элементы на диаграмме надежности соединяют последовательно. Если нарушение подачи электроэнергии наступает толь-

ко после повреждения двух элементов (блоков), то такие элементы соединяют параллельно. Расчет надежности по диаграмме состоит в преобразовании последовательно или параллельно соединенных элементов (блоков) в эквивалентные (от $m > 1$ до $m = 1$) с искомыми показателями. Инженерный метод расчета надежности электроснабжения с построением диаграмм можно назвать методом эквивалентирования.

Для расчета эквивалентных показателей надежности блока из n последовательных элементов используют выражения

$$\omega = \sum_{i=1}^n \omega_i \quad (1)$$

$$\tau_B = \omega^{-1} \sum_{i=1}^n \omega_i \tau_{Bi} \quad (2)$$

где ω_i , ω – частота отказов i -го элемента и эквивалентного блока, 1/год; τ_{Bi} , τ_B – средняя длительность вынужденных (аварийных) отключений i -го элемента и эквивалентного блока, ч.

Показатели надежности блока, эквивалентного двум параллельным элементам i и j , вычисляют по выражениям

$$\omega = \omega_i \omega_j (\tau_{Bi} + \tau_{Bj}) / 8760 \quad (3)$$

$$\tau_B = \tau_{Bi} \tau_{Bj} / (\tau_{Bi} + \tau_{Bj}) \quad (4)$$

где ω_i , τ_{Bi} – исходные показатели надежности элемента i ; ω_j , τ_{Bj} – исходные показатели надежности элемента j ; ω , τ_B – результирующие показатели надежности эквивалентного блока.

Для составления диаграммы надежности в случае нескольких источников питания в сети источники объединяют, а линии замещают блоками, связанными между собой, с потребителем и источником питания так же, как и в исследуемой схеме.

Надежность питающих сетей значительно выше надежности распределительных сетей среднего напряжения, поэтому показатели надежности питающих сетей в расчетах надежности сетей среднего напряжения и потребителей электроэнергии можно не учитывать.

Электрическая схема отличается от диаграммы надежности. Каждому потребителю в зависимости от положения в электрической схеме соответствует своя диаграмма надежности. Для оценки показателей надежности электроснабжения потребителей электроэнергии электрическую схему целесообразно моделировать диаграммой надежности, состоящей из трех последовательных блоков: питающей РТП, распределительной ВЛ и ТП. При необходимости в качестве дополнительного (четвертого) блока можно учесть РП. Эквивалентные показатели надежности РТП, ВЛ и ТП вычисляют отдельно друг от друга в виде интервалов и затем складывают по законам надежности. Следует иметь в виду, что секционирование линии эквивалентно по надежности сокращению ее радиуса. В расчетах надежности схем электроснабжения участвует длина несекционированной линии или суммарная протяженность ее несекционированных участков.

Если на шинах ТП расчетные показатели надежности превышают нормативные показатели [1], то необходима реконструкция сети. Реконструкция состоит, как правило, в сокращении радиуса основной ВЛ среднего напряжения или питания потре-

бителя от резервной ВЛ через короткую перемычку, а также в установке второго трансформатора на ТП. Оптимальной стратегии при этом соответствует минимум суммы затрат и ущерба.

С надежностью электроснабжения связано качество электроэнергии. В нормальном режиме функционирования электрической сети среднего напряжения с нормативным показателем вынужденных отключений $T_n \leq 12$ ч/год на шинах высшего напряжения (ВН) ТП, как правило, могут быть обеспечены отклонения напряжения у электроприемников в пределах ГОСТа [4], 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 $\pm 10\%$. Указанный уровень надежности соответствует схеме с двумя трансформаторами на РТП и нерезервированной ВЛ 10(6) кВ длиной не более 10 км. При этом возможны отказы с частотой порядка 1,4...1,8 в год и длительностью 4...6 ч [1]. Сеть среднего напряжения с резервом по ВЛ 10(6) кВ гарантирует частоту отказов 0,2...0,3 в год при длительности перерыва 4...8 ч и эквивалентной продолжительности отключений $T_n \leq 3$ ч/год. В пределах нормативных показателей надежности ущерб от перерывов подачи электроэнергии мал.

Пример использования инженерного метода для расчета надежности электроснабжения потребителя, т.е. на шинах низшего напряжения (НН) ТП, представлен в табл. 1. Исходными данными служат показатели надежности РТП, ТП и ВЛ Мосэнерго. Промежуточный результат указан на шинах ВН ТП. Он означает, что сеть среднего напряжения не обеспечивает нормативные показатели [1], и нужна реконструкция. Реконструкция связана с сокращением радиуса ВЛ (секционированием) и сетевым резервированием. После реконструкции надежность потребителя электроэнергии соответствует нормативам [1].

Таблица 1. Надежность электроснабжения потребителя

Элемент схемы	ω , 1/год	$\tau_{в}$, ч	Примечание
РТП 110/10 кВ (2 трансформатора)	0,10...0,20	4,5...8,0	-
ВЛ 10 кВ до реконструкции (16 км)	1,92...2,40	4,0...6,0	-
Шины ВН ТП	2,02...2,60	4,0...6,2	Надежность не обеспечена
ВЛ 10 кВ после реконструкции (10 км)	1,20...1,50	4,0...6,0	Сокращение радиуса или секционирование
ВЛ 10 кВ Резерв (20 км)	2,40...3,00	4,0...6,0	Сетевое резервирование
ТП 10/0,38 кВ (2 трансформатора)	0,20...0,40	5,0...7,0	-
Потребитель до реконструкции (ВЛ 16 км)	2,22...3,00	4,1...6,3	Надежность не обеспечена
Потребитель после реконст- рукции (ВЛ 10 км)	1,50...2,10	4,2...6,4	Надежность обеспечена
Потребитель после реконст- рукции (с резервной ВЛ)	0,30...0,61	4,8...7,3	Надежность обеспечена

При расчете эксплуатационной надежности сельских распределительных электрических сетей среднего напряжения инженерным методом и нормировании надежности плановые отключения можно не учитывать, так как они имеют значительно меньшую тяжесть по сравнению с аварийными отключениями. Наложение планового отключения одного элемента на аварийное другого элемента, его резервирующего, не предусмотрено. В противном случае следует использовать неординарный поток отказов.

Эффективность инженерного метода расчета и метода нормирования надежности выше или равна эффективности любых других возможных методов оценки, так как методы позволяют учесть неполноту исходных данных и снять неопределенность при наличии дополнительной информации. Эксплуатационные организации должны быть нацелены на ее поиск. Существенную роль при этом играет статистический учет отключений в сетях.

Для учета старения (износа) элементов сети нами разработаны специальная математическая модель, алгоритм и программа на базе численного интегрирования [5]. За границей зоны стационарности интенсивность отказов статистически представляет функцию непрерывной случайной величины, распределенной по нормальному закону. Идея предлагаемого метода заключена в замене функции случайной величины ее математическим ожиданием на заданном интервале времени от начального момента до конечного. В этот период элементы сети не следует рассматривать как ремонтируемые изделия. Основной характеристикой неремонтируемых изделий в соответствии с ГОСТом [3] служит параметр потока отказов. Планируемые мероприятия должны быть направлены на замену действующего электрооборудования.

Математическое ожидание функции случайной величины определяют по выражению

$$E(\lambda(t)) = \int_{t_n}^{t_k} \lambda(t) f(t) dt, \quad (5)$$

где $\lambda(t)$ – заданная аналитическая функция; t_n , t_k – начальный и конечный моменты времени; $f(t)$ – плотность нормального распределения в виде

$$f(t) = 1/(\sigma\sqrt{2\pi}) \exp[-(t-T)^2/2\sigma^2]. \quad (6)$$

Нормальное распределение характеризуют средним значением T и стандартным отклонением σ .

Выражение (5) является общим для всех законов распределения, заданных соответствующей плотностью вероятности $f(t)$, т.е. метод применим при любой форме кривой распределения. Интеграл (5) нельзя выразить в элементарных функциях. Математическое ожидание интенсивности отказов с учетом (6) найдено методом численного интегрирования. Данные об изменении интенсивности отказов элементов сети во времени с достаточно высокой степенью точности описаны уравнениями множественной линейной, в частности, полиномиальной регрессии типа

$$\lambda(t) = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + e, \quad (7)$$

где e – ошибка аппроксимации.

Граница зоны стационарности, т.е. граница между периодами нормальной работы и старения (износа), лежит в пределах от 0,45 до 0,70 нормативного срока службы ВЛ, для трансформаторных подстанций с ВН 10(6), 35 и 110 кВ она составляет 0,61 [5]. За пределами зоны стационарности наибольший рост интенсивности отказов наблюдают у ВЛ на деревянных опорах, наименьший – на металлических. Промежуточное положение занимают ВЛ на железобетонных опорах. При установлении границы зоны стационарности и зависимости интенсивности отказов от времени за ее пределами нами использован метод экспертных оценок с последующей статистической обработкой результатов по опросным листам. Опрос специалистов проведен в 2 тура. Данные экспертных оценок имеют высокое значение квадрата множественного коэффициента корреляции (выше 0,90).

Разработанный метод расчета надежности с учетом старения включает четыре этапа: экспертные оценки границы стационарности и роста интенсивности отказов за ее пределами; статистическую обработку полученных результатов; регрессионный анализ данных для аппроксимации точечных значений; численное интегрирование в заданном интервале для определения интенсивности отказов (как математического ожидания функции случайной величины).

Результаты численного интегрирования в о.е. для ВЛ на железобетонных опорах при среднем 1 и стандартном отклонении 0,1 представлены в табл. 2. Первому интервалу соответствует зона стационарности с верхней границей 0,59 нормативного срока службы линии.

Таблица 2. Интенсивность отказов с учетом старения

Элемент сети	Срок службы, о.е.		Интенсивность отказов, о.е.
	Нижний предел	Верхний предел	
ВЛ на железобетонных опорах	0,00	0,59	1,00
	0,59	0,70	1,01
	0,70	0,80	1,02
	0,80	0,90	1,18
	0,90	1,00	1,53

Метод позволяет вычислить, во сколько раз увеличивается параметр потока отказов (интенсивность) при износе (старении), а также установить расчетный срок замены элемента сети в зависимости от длительности эксплуатации. Расчетный срок замены, как правило, меньше нормативного срока службы.

В качестве примера определим интенсивность отказов ВЛ 10 кВ на железобетонных опорах со сроком эксплуатации 37 лет при нормативном сроке службы 40 лет. Действительный срок эксплуатации ВЛ 10 кВ, выраженный в о.е. нормативного срока, составляет 0,925. Интенсивность отказов λ в интервале от 0,90 до 1,00 превышает параметр потока отказов периода нормальной работы на 53%. Предупредительные

мероприятия в эксплуатации должны быть направлены на замену существующей ВЛ новой линией с нормативными показателями надежности.

Разработанные методы успешно использованы при выполнении хоздоговорных обязательств с Минэнерго, Мосэнерго, Ленэнерго и Новгородэнерго.

По оценке специалистов, своевременное внедрение методов расчета надежности в практику проектирования и эксплуатации приведет к снижению ущерба от аварийных отключений в сельских сетях на 10...35% в год при минимальных затратах на реконструкцию, сокращению вынужденных перерывов до уровня 12...14 часов в год. Ожидаемый годовой экономический эффект составит от 5 тыс. до 100 тыс. рублей на 1 потребителя.

Таким образом, в результате фундаментального исследования разработаны методы, предназначенные для расчетов надежности электроснабжения при проектировании и эксплуатации сельских распределительных электрических сетей среднего напряжения. Методы не имеют аналогов. Методы применимы в периоды нормальной работы сети и старения ее элементов. Методы можно использовать для оценки надежности электрических сетей напряжением 110, 220 кВ, а также ниже 1000 В.

Литература

1. Эбина Г.Л. Методика нормирования эксплуатационной надежности сельских распределительных электрических сетей среднего напряжения. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2009. - 36 с.
2. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). М.: Энергоатомиздат, 1985. С. 14 – 16.
3. ГОСТ 27.002 – 89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. М.: Издательство стандартов, 1990. - 38 с.
4. ГОСТ 13.109 – 99. Международный стандарт. Электрическая энергия. Требования к качеству электрической энергии в электрических сетях общего назначения. 2000.
5. Эбина Г.Л. Учет старения элементов сельских электрических сетей в расчетах надежности. // Техника в сельском хозяйстве. 1999. № 4. С. 19 – 21.

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ЛАБОРАТОРИИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ВИЭСХ

Канд. техн. наук А.П. Гришин
(ГНУ ВИЭСХ)

Забывший историю теряет будущее.

Начиная с 1930 года вопросы сельскохозяйственного водоснабжения решались в соответствующих подразделениях трех научных учреждений Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук им. В.И. Ленина (ВАСХНИЛ): ВИМ, ВИМЭ и ВИЭСХ.

В лаборатории водоснабжения и ирригации ВИЭСХ в 1934 г. были разработаны «гидроаккумулятор системы инж. Рожновского», поплавковый выключатель и манометрическое реле, конструкции А.И. Лаврентьева и А.А. Глебовича.

Под руководством д.т.н. А.И. Лаврентьева были разработаны гидравлический таран ТГ-1, автоматизированные водоподъемные установки ВЭ-2,5 с гидропневмоаккумулятором, начаты разработки водоструйных установок (к.т.н. Л.Я. Кашеков и Н.Н. Фадеев).

В 1951 г. положено начало продолжительной активной работе по широкому внедрению цельнометаллических водонапорных башен в сельское хозяйство, применявшихся на железнодорожном транспорте еще во время войны. Автором и идейным вдохновителем внедрения был А.А. Рожновский, который и возглавил эти работы.

История цельнометаллических необогреваемых водонапорных башен-колонн началась в 1925 г., когда инженер П.И. Земсков на основе проведенных им в зимнее время замеров температуры воды в водонапорных башнях на железнодорожных магистралях Омск – Иркутск пришел к выводу о возможности отказа от их отопления.

В 1936 г. инженер А.А. Рожновский предложил конструкцию, метод скоростного монтажа и схему автоматической работы цельнометаллической необогреваемой водонапорной башни для железнодорожного транспорта. В дальнейшем они получили широкое распространение на транспорте в военные и послевоенные годы, когда условия времени требовали изготовления подобных сооружений в заводских условиях, монтажа на месте в течение нескольких суток и, самое главное, отказа от использования дефицитного в то время топлива на их обогрев.

Башни полностью отвечали этим требованиям, и автор за их создание и внедрение был удостоен в 1942 г. звания Лауреата Сталинской премии. Башни получили наименование «башни Рожновского» (БР). А впоследствии, в 1978 г., А.А. Рожновский за разработку и внедрение полносборных, унифицированных водонапорных башен для водоснабжения на селе был удостоен Премии Совета Министров СССР в области науки и техники.

Начиная с 1951 г. БР меньшего размера стали осваиваться и в сельском хозяйстве.

В то время башни строились из кирпича, в верхней части размещался металлический бак емкостью 25 м³. Стоили такие башни 60 – 80 тыс. руб. и строились от 6 месяцев до года. Другое дело башня Рожновского. Доставленная с завода в виде блоков модулей, она монтировалась за 2 – 4 дня и стоила около 18 тыс. руб.

Изготовленная опытная партия башен для села была испытана в 15 хозяйствах в течение 1951–1953 гг. и показала положительные результаты. 21 сентября 1953 г. СМ СССР и ЦК КПСС своим постановлением № 2457 обязали «...принять предложение Министерства сельского хозяйства СССР о постановке на производство ветродвигателя с водонапорной башней конструкции Рожновского.



**Металлический бак
для кирпичной башни**

Знакомясь с научными отчетами тех лет, невольно отмечаешь акцент в исследованиях и разработках на экономию металла. Страна быстро залечивала военные раны, вставала из руин, налаживала промышленность, но металла все еще не хватало. Вот и для башен все тем же постановлением было выделено 50 тыс. тонн металла на изготовление в 1954–1955 гг. 25 тыс. баков для башен, имея в виду, что опоры будут изготавливаться на местах из подручного материала: дерева, камня, бетона или устанавливаться на крышах зданий и сооружений (силосных башнях).

В этой ситуации научная мысль была направлена на создание оптимальных по трудозатратам, используемому материалу и материалоемкости опор для баков.

Была предложена и обоснована решетчатая конструкция опор башен, дающая максимум экономии металла. Опора под бак емкостью 25 м³ изготавливалась из уголков, сваренных «в квадрат». Такая опора весила 593 кг. Вместо металлической трубы-стояка использовали асбоцементную трубу со стальными соединителями, на крыше применили толь. Все это снизило расход металла на 53,4%.

Однако такие конструкции сводили на нет одну из основных функций башни – иметь запас воды, поскольку в опоре из цельного металла можно разместить еще такой же объем воды, как и в баке.

С решетчатой конструкцией это невозможно. Поэтому перед разработчиками встала очередная задача: создать цельнометаллическую опору оболочкового типа. При этом расход металла не должен значительно превышать то количество, которое использовалось для решетчатой конструкции. Предварительные расчеты показали,

что допустимая толщина металла стенок опоры для 25 кубового бака равна всего 0,4 ... 0,6 мм.

На заводе Ухтомского была изготовлена такая башня высотой 11 м, общей емкостью 35 м³ с толщиной стенок 3 мм. Общий расход металла составил 1800 кг.

Башня была смонтирована и пущена в эксплуатацию 5 декабря 1954 г. в подсобном сельскохозяйственном предприятии санатория Центросоюза на ст. Удельная. Башня



Решетчатая конструкция опор башен



**Рождение первой башни БР
5 декабря 1954 года**

обслуживала теплицы, парники, коровник, жилой поселок с двухэтажными зданиями. Эту дату можно считать днем начала широкого применения водонапорных цельнометаллических необогреваемых башен Рожновского в сельском хозяйстве.

Сегодня пейзаж России и стран Ближнего Зарубежья украшает более 400 тысяч башен Рожновского.

Башни успешно решали вопросы водоснабжения на селе, но еще более актуально стали возникать проблемы, связанные с их эксплуатацией.

Прежде всего, важно было решить вопрос наполнения их. С одной стороны, скважина, насос в ней – всё это обеспечивало подачу воды в башню. А с другой – необходимо насос отключить, когда башня полная. Причем отключить его вовремя. В противном случае при недоливе не будет нужного напора, а при переливе вода

польется через край, что особенно опасно зимой. Вода, переливаясь, замерзала на металлических деталях лестницы, образовывалась наледь, которая превращалась со временем в огромную сосульку. Нередки были случаи, когда вся башня целиком обмерзала, превращаясь в ледяную колонну, и падала.

С земли было невозможно определить, где находится уровень воды при наполнении и, чтобы избежать потерь воды при переливе и ущербов от обледенения, нужно было разработать устройство автоматического управления насосом.

Такое устройство впервые было разработано в лаборатории в 1955 г. Оно называлось «Автоматическая башенная водокачка с контактным датчиком (АБВ-КД). Устройство состояло из двух электрических шкафов и датчика.

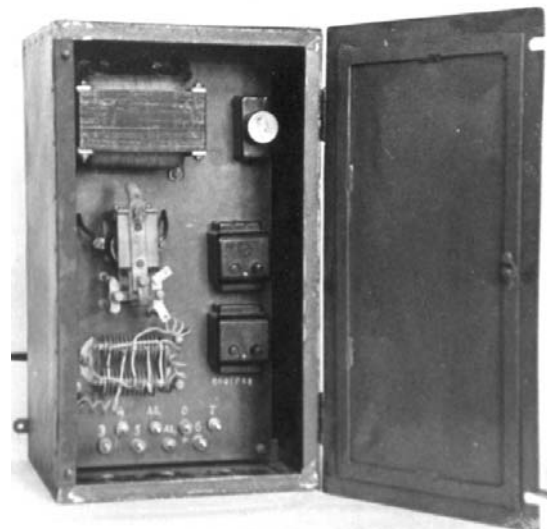
Принцип действия был чрезвычайно прост. Датчик имел две пары горизонтально расположенных пластин – контакты электродного типа. Между пластинами-электродами одной пары был воздушный промежуток, который имел практически бесконечно большое электрическое сопротивление. При наполнении башни этот промежуток заполнялся водой, и его сопротивление резко снижалось до десятков Ом. В цепи этих пластин была катушка реле, питаемая от трансформатора постоянным током, через которую при снижении межэлектродного сопротивления протекал ток, и реле срабатывало, замыкая свои контакты. При этом насос отключался.

Датчик имел две пары контактов. Верхняя пара служила для отключения насоса при достижении верхнего уровня воды в башне. Нижняя пара – для включения его при снижении уровня воды в башне во время расхода воды из неё. Поскольку частое включение для погружного насоса было противопоказано (максимум три включения в час), между парами верхнего и нижнего уровня было полуметровое расстояние, что и обеспечивало необходимую паузу.

В одном шкафу располагались элементы управления датчика, понижающий трансформатор, выпрямительный мост для питания реле постоянным током.



Станция АБВ-КД. Силовая часть



Станция АБВ. Автоматика

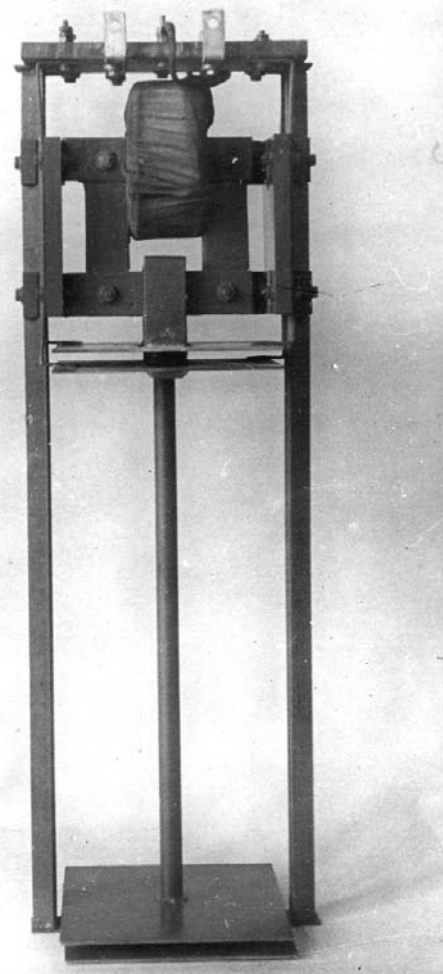
В другом шкафу элементы управления насосом и его защиты. Контактор с тепловыми токовыми реле для коммутации насоса и защиты его от токов перегрузки, предохранители типа «пробка» на каждой из трех фаз, реле обрыва фаз для отключения автоматики при обрыве фаз.

Вверху располагались кнопки управления, лампочки сигнализации, общий выключатель питания.

Одна из важных особенностей датчика заключалась в том, что он имел обогрев. Это было особенно важно для зимней эксплуатации. Датчик не обмерзал, не покрывался льдом, вокруг него всегда была лунка чистой воды при любом морозе. Это отличало его от всех других датчиков (поплавковых, например), обеспечивало надежную его работу.

Такой была первая станция управления и защиты для погружных насосов, работающих на водонапорную башню. Фотографии этой станции более чем пятидесятилетней давности мы показываем здесь не без гордости. Она выпускалась длительное время, работала исправно и надежно.

После внедрения системы АБВ-КД была разработана улучшенная система ПЭТ с защитой от «сухого» хода. Начиная с 1966 г. лабора-



Обогреваемый датчик уровня

тория совместно с ВНИИ «Электропривод» начали совместную разработку станций управления и защиты для погружных насосов на полупроводниковой элементной базе, получившей впоследствии наименование «САУНА» (М.В. Луговской, Б.М. Курган).

В 1957 г. подразделения ВИМ, которые занимались вопросами электромеханизации технологий животноводства, были переданы в ВИЭСХ. С этого момента лаборатория получила новый статус – лаборатория электромеханизации (электрификации) водоснабжения в сельском хозяйстве.

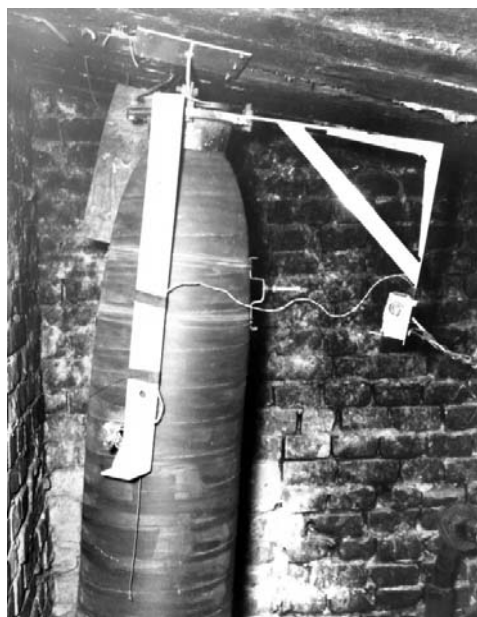
Однако необходимо признать, что лабораторию как научное подразделение определяют не нюансы названия, а область научных исследований и разработок, название которой «сельскохозяйственное водоснабжение». Поэтому можно считать лабораторию водоснабжения ровесницей ВИЭСХа, поскольку начиная с 1930 г. была сохранена преемственность в упомянутой области.

Первым руководителем новой лаборатории был к.т.н. М.В. Луговской, который возглавил разработку систем машин и установок для механизации водоснабжения животноводства. Созданные в лаборатории под его руководством средства механизации и автоматизации сельскохозяйственного водоснабжения изготавливались промышленностью и широко применялись не только в колхозах и совхозах, но и в промышленности, а также в личных хозяйствах.

Были продолжены работы по созданию водоструйных установок. Начиная с 1960-х годов в работу включились молодые инженеры (П.К. Лихоеденко, В.А. Коновалова).

В 1958 г. начаты разработки новых погружных насосов типа ЭПН, которые должны были превосходить по некоторым параметрам выпускаемые промышленностью насосы ЭЦНВ. В 1961 г. такие насосы были созданы и внедрены в производство.

1960 год определил начало нового направления по решению проблемы водоподъема из малодобитных скважин «Вибрационный метод водоподъема», одним из родоначальников которого можно считать профессора В.М. Усаковского. Разрабатываемые новые вибрационные насосы работали на водопроводную сеть. Поэтому с 1972 г. аспирантом А.К. Сокольским велись исследования и изучение гидродинамических характеристик трубопроводов. Эти работы были составной частью большой темы НИР (Д.Д. Баркан, М.В. Луговской, В.М. Усаковский) по решению проблемы водоподъема из малодобитных колодцев и скважин. В 1971 г. работы по созданию вибрационных насосов окончательно перешли в стадию ОКР, что позволило выпустить опытные образцы на заводе «Динамо».



**Гидропнеumoаккумулятор
из резины**

Широкую известность и популярность получил объемно-инерционный насос «Малыш» с электромагнитным вибрационным приводом, созданный в результате совместной работы ВИЭСХа и завода «Динамо». Насос «Малыш» и его модификации под другими названиями («Струмок», «Гейзер», «Инкар» и др.) выпускались и выпуска-

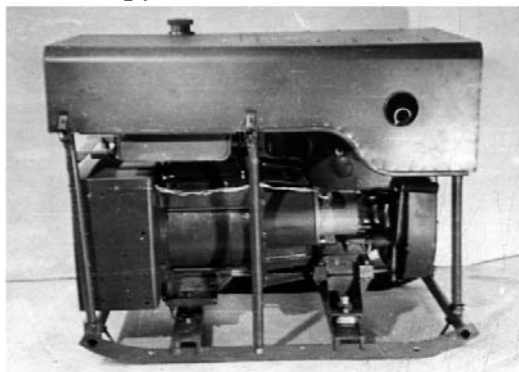
ются крупными сериями в России и других странах СНГ, причем общий парк этих насосов составляет не один миллион штук.

В 1998 г. за разработку научных основ вибрационной техники, её создание, серийное производство и широкое использование в народном хозяйстве группе специалистов присуждена Премия Правительства РФ в области науки и техники. В числе награжденных три сотрудника лаборатории: д.т.н. В.М. Усаковский, к.т.н. А.К. Сокольский и Г.Н. Метлов.

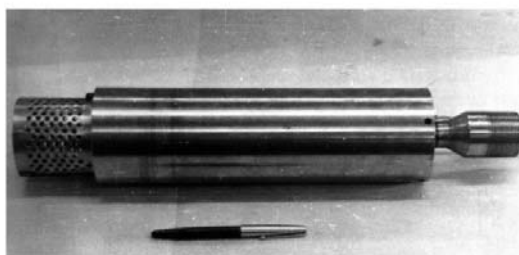
Кроме башен Рожновского, насосов «Малыш», начавших свой популярный путь по стране из стен лаборатории, можно упомянуть водонапорные установки ВУ станции САУНА, «Каскад», «Высота» и другие устройства. О них позже расскажем подробнее.

Особым этапом развития автоматизации водоснабжения явилось создание безбашенных насосных установок с гидропневмобаками (Р.М. Славин, Д.Н. Быстрицкий, Г.М. Окунь, Г.Ф. Бондаренко, З.К. Чинилова). Коллектив разработал опытные образцы, методические рекомендации (1967 г.), провел эффективную работу по внедрению установок в производство. Впервые были применены внутренние резиновые камеры, изолирующие воздух и воду, что препятствовало растворению его в воде и нарушению технологического процесса. Кроме того, и сами баки были изготовлены из резины. Установки выпускались большими партиями и эксплуатируются до сих пор.

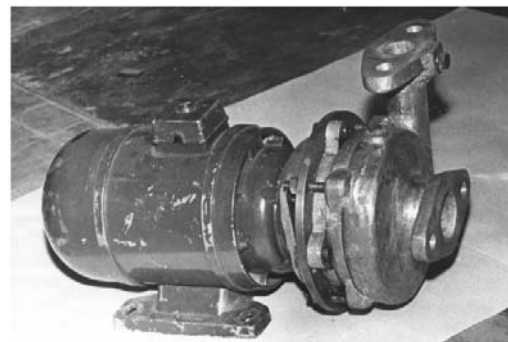
В этот же период активно велись поисковые работы по созданию водоподъемного оборудования нового поколения: электроимпульсной водоподъемной установки,



*Агрегат АБ(п)2-Е/230-ч/200
Установка «Родник»-В-2-35*



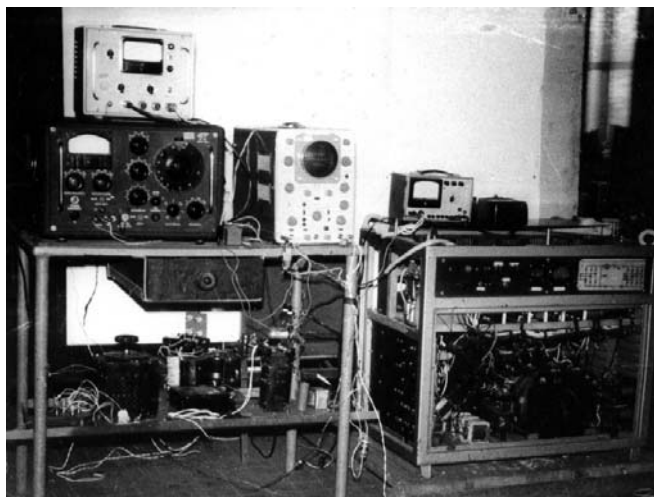
*Электронасос ВЭН4-2-35
Высокооборотная насосная установка*



Моноблочный насос ЦНМ-0,6

моноблочного насоса ЦНМ, высокооборотных электронасосов для пастбищ. Разработка такого электронасоса начата в 1967 г. новыми сотрудниками (к.т.н. И.В. Рождественский, Ю.П. Воронин). С 1969 по 1976 г. она получила приоритетное положение, что повлекло увеличение кадрового и научного потенциала (В.М. Усаковский, И.А. Мамаева, Е.П. Чинилов, Ф.А. Салихов, Г.А. Тарабаева, В.М. Марутич). Отличительная особенность таких насосов (ВЭН4-16-90) – высокая частота вращения рабочего колеса, что позволяло поднять 16 м³/ч воды на высоту 90 м в. ст. при наличии только одного колеса в номинальном режиме.

Коллектив разработчиков (ВИЭСХ, СЭМЗ, СКТБН ПО «Молдавгидромаш», ИМАШ АН СССР, ГСКБ «Овцемаш») в процессе научных работ встретился с такими проблемами, как износоустойчивость нижнего подшипника подпятника и отсутствие источника питания для такого насоса частотой 200 Гц. Однако пробле-



Частотный электропривод для насосов

раживания воды, молокопроводов и молочной посуды, других дезинфекционных целей. Работы были начаты в 1966 г. и продлились до 1978 г. ввиду особой актуальности и создания модификаций установки для различных целей.

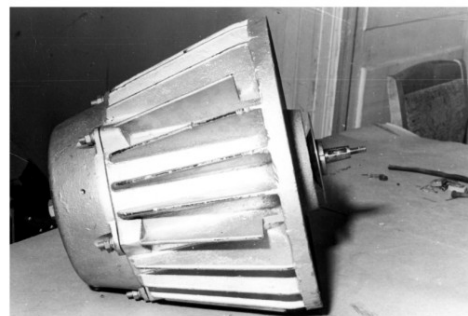
Одним из важных факторов в развитии этих работ явилось избрание в 1971 г. нового заведующего лабораторией к.т.н. И.В. Рождественского. М.В. Луговской при этом, сохранив свое научное влияние, возглавил отдельные разработки, связанные с созданием автоматики.

Начиная с 1970–1971 гг. лаборатория расширила область исследований и разработок. Прежде всего, это коснулось вопросов регулирования производительности насосов, в том числе и высокооборотных. Группа сотрудников (И.В. Рождественский, Г.Ф. Бондаренко, Б.М. Курган, В.М. Кириак) вели исследования по применению статических преобразователей частоты, электромагнитных муфт скольжения для работы с электронасосами с целью изменения их частоты вращения. Поскольку начало исследований дало положительные результаты, группа с 1972 по 1976 гг. была расширена (В.М. Усаковский, Е.М. Смирнов, Г.Н. Метлов, Г.С. Ротарь).

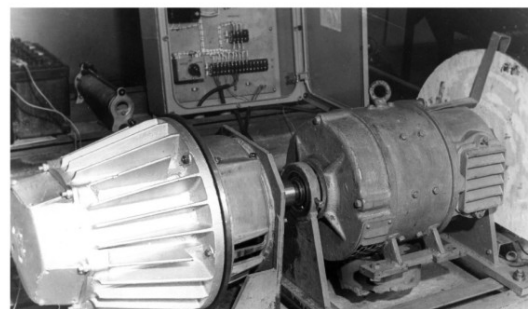
Были продолжены работы по созданию новых типов водоплавающих насосов типа ЦМВП, снабженных поплавком и подающих воду с поверхности источника. Проводилась опытно-конструкторская работа по совершенствованию автоматизированных насосных установок типа ВУ с гидропневмоаккумуляторами в ГСКБ «Овцемаш» при участии сотрудников лаборатории (И.В. Рождественский, В.М. Усаковский, А.К. Сокольский, Ю.П. Воронин, П.К. Лихоеденко). Новые установки работали как с погружными, так и с консольными насосами, обеспечивая водопотребление до $600 \text{ м}^3/\text{сут}$.

мы были решены, результатом чего явилось создание водоподъемной установки «Родник», опытный образец которой успешно прошел испытания в Киргизии.

Еще одна область научной деятельности лаборатории – это очистка и обеззараживание воды. Основным результатом здесь стало создание малогабаритной электролизной установки ЭДР–0,1 для образования гипохлорита натрия (к.т.н. Б.М. Курган, В.П. Крылов, И.А. Семенова), с последующим получением активных хлорсодержащих растворов. Раствор применяется для обеззараживания



Общий вид генератора



Генератор для ветроустановки

Разработанный совместно с заводами ЗВИ и СЭМЗ бензоэлектрический агрегат (И.В. Рождественский, Ю.П. Воронин) позволил создать установки типа УПЭ для подъема воды из скважин на пастбищах и других районах страны, где отсутствовало электричество.

Среди работ, начатых в далекие 1950-е годы и получивших впоследствии продолжение, есть работа, которая характеризует важную особенность в развитии водоснабжения. Это использование возобновляемых и нетрадиционных источников электрической энергии для водоподъема. Сегодня к ним относятся солнечные источники, малые ГЭС, электрогенераторы на основе биотоплива и биогаза, ветроэнергетика.

Лаборатория разрабатывала генераторы для ветроустановок, и этому, не в последнюю очередь, способствовали предыдущие работы руководителя лаборатории В.И. Рождественского.

Продолжались работы по созданию и развитию систем водоочистки, а также работы по совершенствованию систем автоматики для водонапорных башен.

Проводились НИР по применению датчиков давления типа ЭКМ, влиянию на их работоспособность гидроударов и обеспечению их бесперебойной работы в этих условиях. Станции управления и защиты для погружных насосов типа «САУНА» получили новую функцию – управление насосом не по уровню, а по давлению столба воды в башне и по времени наполнения либо опорожнения.

Кроме того, в этот период проводилась большая просветительская и издательская работа: было издано более 10 книг, брошюр, написано более 100 статей, получено 20 авторских свидетельств на изобретения, защищено 7 кандидатских диссертаций. Работы лаборатории неоднократно отмечались наградами ВДНХ.

В 1979–1980 гг. в лаборатории по результатам исследований выпускаются исходные требования на комплектное устройство управления и защиты для погружных насосов мощностью от 1 до 65 кВт, получившее впоследствии наименование «Каскад». Требования предназначались для ВНИИ «Электропривод» как головной организации по разработке такого устройства нового поколения на современной микроэлементной базе. Сотрудники лаборатории (Б.М. Курган, И.В. Рождественский, П.К. Лихоеденко, Ю.П. Воронин) и в дальнейшем принимали участие в испытаниях и других работах по внедрению нового устройства, серийный выпуск которого был начат в 1982 г. Устройство предназначалось для работы с водонапорными башнями, снабжалось электродными необогреваемыми датчиками уровня либо электроконтактными манометрами и датчиком «сухого» хода. Необходимо отметить, что ВНИИ «Электропривод» некоторые пункты требований изменил, а некоторые и вовсе не выполнил, что сказалось на качестве изделия (в части функционирования в сельскохозяйственных условиях), а затем и на судьбе лаборатории.

1986 год стал переломным не только в судьбе лаборатории, но также института и целого государства. Но об этом в следующей статье.

Литература

1. Усаковский В.М. Водоснабжение в сельском хозяйстве. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1989. – 280 с.



Водоплавающий насос

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПАСТБИЩНОГО ЖИВОТНОВОДСТВА

Д-р техн. наук В.В. Шевцов, канд. техн. наук В.В. Шевцов
(ГНУ ВИЭСХ)

В современных условиях кормопроизводство и животноводство являются важнейшими составными частями агропромышленного комплекса РФ.

Большинство животноводческой продукции получают в пастбищный период: до 60% молока, 100–130 кг прироста живой массы на каждую голову мясного скота и основная часть шерсти и шубно-мехового сырья.

В то же время пастбищный корм является биологически полноценным и самым дешевым и экологически чистым кормом.

Поэтому, используя передовую технологию содержания животных, обеспечивающую наибольший выход делового молодняка и максимальное использование естественных пастбищ, создание и правильная эксплуатация улучшенных и культурных пастбищ, увеличение периода использования зеленых кормов являются одним из наиболее доступных путей повышения продуктивности животноводства и удешевления его продукции [4].

Технология содержания сельскохозяйственных животных в пастбищный период. В летний период животные кроме травы на пастбище могут получать скошенную зеленую массу различных кормовых культур и другие корма из кормушек. В различных хозяйствах в зависимости от пастбищного или укосного использования зеленых кормов применяют три способа содержания животных летом.

Стойловый или стойлово-лагерный способ, когда зеленый корм или другие корма скармливают из кормушек в зимних помещениях, на выгульных площадках или в летних лагерях. Животным предоставляют прогулки на специально отведенных площадках или организуют принудительный моцион на огороженных скотопрогонах или специальных механизированных площадках-тренажерах. К этому способу относятся и круглогодичное стойловое содержание животных на основе максимального скармливания силоса, сенажа, обезвоженных и других кормов. При откорме скота прогулки обычно не организуют.

Пастбищный способ, когда зеленую траву животные поедают на пастбищах. В качестве пастбищ используют природные улучшенные и сеяные многолетние и однолетние травостой. Животные отдыхают, при необходимости получают подкормку в зимних помещениях, на площадках отдыха или в летних лагерях и пастбищных центрах. Коров там же и доят.

Смешанный способ – пастбищно-стойловый или пастбищно-лагерный. Сочетается пастьба животных со значительной подкормкой скошенной зеленой массой или силосом, сенажом и др. кормами. Этот способ применяется из-за недостатка пастбищных кормов в течение всего пастбищного сезона или во второй его половине, когда снижается продуктивность многолетних трав, а набор однолетних культур непригоден для скармливания на корню.

При выборе технологии содержания животных необходимо помнить, что с 1 га пастбища можно получить 75 ц молока, а из приготовленного из этой травы сенажа – 63, силоса – 48, сена – 35 ц. В мясном скотоводстве с 1 га культурного пастбища

можно получить до 14 ц мяса, тогда как на приготовленном из этих трав сене – всего 5 ц.

Необходимо помнить еще и то, что зеленая масса содержит различные биостимуляторы: антибиотики, гормоны, эстрогены и т. д., которые быстро разрушаются после скашивания или непродолжительного хранения корма. Возможно, частично этим и объясняется большая выживаемость животных при пастбищном способе кормления.

Для обеспечения потребности 100 коров ежедневно расходуется до 45–50 л ГСМ для скашивания, транспортировки и раздачи кормов. При пастбищном содержании скота резко снижается потребность в технике, которая должна использоваться для заготовки кормов на зимний (стойловый) период. Практикой доказано, что один механизатор может выполнить весь объем работ по уходу за пастбищем на 200 гектарах.

Овцеводство. Овцы – типично пастбищные животные. Они могут использовать кормовые угодья, которые практически недоступны для других видов сельскохозяйственных животных либо из-за низкорослости травостоя, либо из-за удаленности от водопоя, либо по состоянию рельефа местности.

В зависимости от почвенно-климатических условий в овцеводстве применяют в основном стойлово-пастбищную, пастбищно-стойловую или пастбищную системы содержания овец.

Стойлово-пастбищная система применяется в районах с хорошо развитым кормовым и полевым кормопроизводством. Стойловый период преобладает по продолжительности над пастбищным.

Пастбищно-стойловая система применяется в районах с высоко развитым полевым кормопроизводством. Преобладает пастбищный период содержания овец, включая частично и зимние пастбища.

При пастбищной системе содержания овец последние постоянно находятся на пастбищах. Для дневного отдыха и ночевки на пастбищах отводят небольшие участки – тырла или устраивают простые навесы. Во многих районах юго-восточной части России практикуется круглогодичное содержание овец на пастбищах за исключением зимних дней с сильными снегопадами и буранами. Для защиты животных на пастбищах строят овчарни или открытые загоны из переносных щитов, которые утепляют тюками соломы. Необходим страховой запас кормов.

В зависимости от конкретных условий хозяйства планируют зимнее или весеннее ягнение. При зимних ягнениях к моменту выхода на пастбище ягнята уже способны хорошо усваивать растительные корма. Они лучше развиваются, дают больше шерсти и мяса, чем ягнята, родившиеся в апреле-мае. Кроме того, на 20–25% повышается плодовитость маток и на 25–40% больше деловой выход ягнят.

Искусственное выращивание ягнят. Для повышения рентабельности овцеводства необходимо повысить сохранность ягнят, особенно в первые дни после ягнения. Падеж составляет 40% и более. ВИЭСХом в сотрудничестве с институтами ВНИИОК и ЯрНИИЖК разработана технология искусственного выращивания ягнят на заменителе овечьего молока с 2–3 дневного возраста до 45 дней. Технология включает клеточные батареи, технологию и оборудование для приготовления заменителя овечьего молока и оборудование со способом скармливания заменителя овечьего молока.

Несмотря на перспективность технологии искусственного выращивания ягнят, обеспечивающей до 90–95% сохранность, она не нашла широкого распространения из-за большой материалоемкости клеточных батарей и оборудования для пригото-

ния и скармливания заменителя овечьего молока и несовершенства технологии и способа скармливания заменителя овечьего молока. При свободном доступе ягнят к поилкам в течение дня и разовом приготовлении заменителя происходит его расслоение и закисание из-за долгого нахождения в поилке и выхода из строя сосок, которые ягнята разжевывают. При режимном кормлении и приготовлении заменителя перед каждым кормлением требуются большие затраты труда.

Кроме того, по технологии в период выращивания ягнят от 2 до 15 дней требуется площадь пола $0,2 \text{ м}^2$ на одного ягненка, а в возрасте от 15 до 60 дней требуется площадь пола не менее $0,3 \text{ м}^2$ на одного ягненка. Для выполнения этого требования используются клетки с различной площадью пола, или уменьшается количество ягнят в клетке. В обоих случаях значительно удорожается клеточное оборудование.

Для устранения указанных недостатков ВИЭСХом разработаны клетка трансформируемая [5] и способ скармливания жидкого заменителя овечьего молока ягнятам [6].

Клетка трансформируемая обеспечивает за весь период выращивания ягнят содержание их в одной и той же клетке с оптимальной площадью пола на одного ягненка. Состоит из торцевых секций-ограждений – передней 1 и задней 2, продольной 3 нетрансформируемой и трансформируемой, состоящей из двух одинаковых секций 4 и 5 и дополнительного ограждения 6 с входной 7 и выходной 8 дверцами (рис. 1). На нетрансформируемой продольной секции-ограждении 3 может устанавливаться устройство 9 для раздачи жидкого заменителя молока. Кормушки для грубых и концентрированных кормов навешиваются на нетрансформируемые секции-ограждения в зависимости от компоновки клеток в батарею.

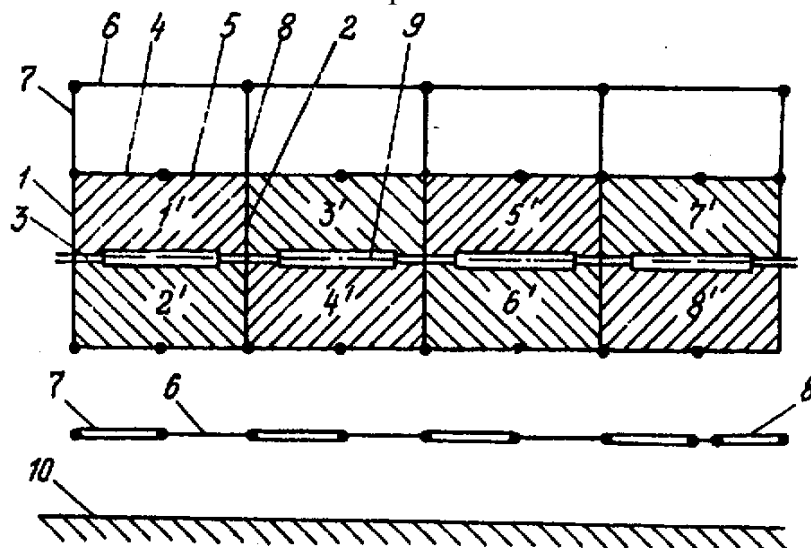


Рис. 1. Схема клетки трансформируемой, собранной в батарею из 8 клеток

Технологический процесс искусственного выращивания ягнят с 2–3 до 45–60 дневного возраста с использованием заменителя овечьего молока, грубых и полнорационных кормовых смесей происходит при постоянном содержании 8–10 ягнят в каждой клетке с площадью пола $0,2 \text{ м}^2$ на ягненка. Входные 7 и выходные 8 дверцы дополнительного ограждения 6 открываются и фиксируются на нем, что обеспечивает свободный проход обслуживающего персонала. При установке клеточной батареи в кошаре расстояние от дополнительного продольного ограждения 6 до стены 10 кошары должно быть не менее 1 м.

Во второй период выращивания ягнят с 15 до 45 дней и больше клетка трансформируется (рис. 2). Входные 7 и выходные 8 дверцы закрываются, а трансформируемые секции-ограждения 4 и 5 открываются и фиксируются: 4 секция к входной секции 7, а 5 секция – к выходной 8. Площадь пола клетки увеличивается в зависимости от продольной длины клетки в 1,5–2,0 раза, что достаточно для комфортного содержания ягнят во второй период выращивания. Обслуживание осуществляется по проходу между дополнительного продольного ограждения и стеной кошары 10.

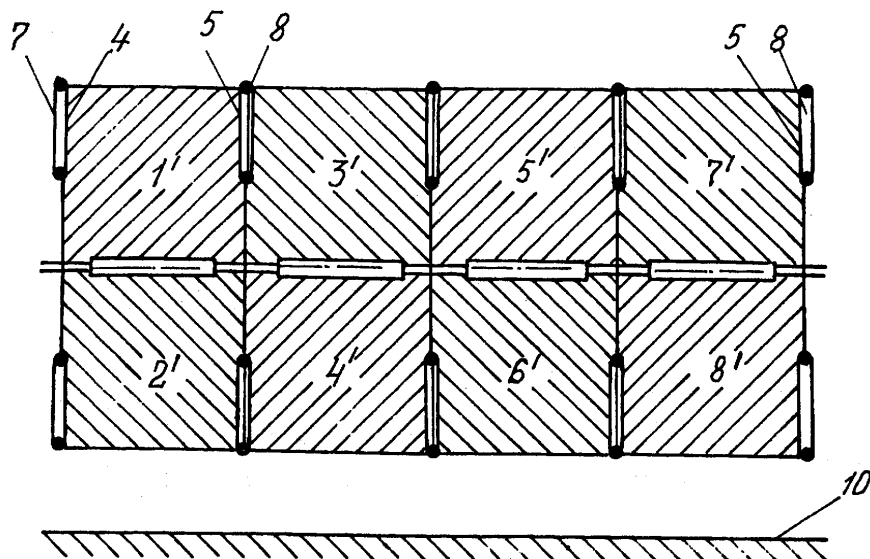


Рис. 2. Схема клеточной батареи из 8 клеток во второй период выращивания ягнят

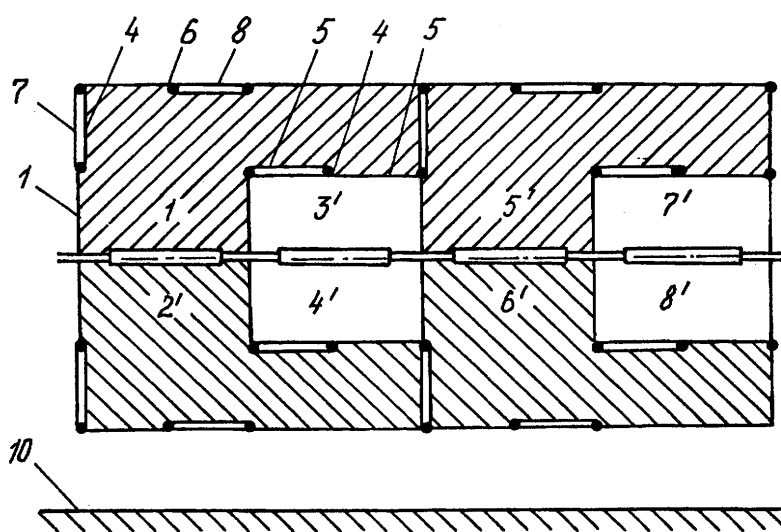


Рис. 3. Схема клетки трансформируемой в батарее из 8 клеток при проведении моциона ягнят в 1, 2, 5 и 6 клетках

Во второй период выращивания ягнят им необходим моцион. Выпускать ягнят для моциона в кошару требует больших трудозатрат, однако клетка трансформируемая позволяет организовать моцион ягнят непосредственно в клетке за счет ее дополнительной трансформации (рис. 3 и 4). При этом площадь клетки увеличивается еще в 1,5–2,0 раза от первоначальной батареи из 4 клеток. При кормлении ягнят через два часа моцион ягнят в первой и второй клетках может продолжаться не более одного часа (рис. 3). Второй час проводят моцион ягнят в 3 и 4 клетках (рис. 4).

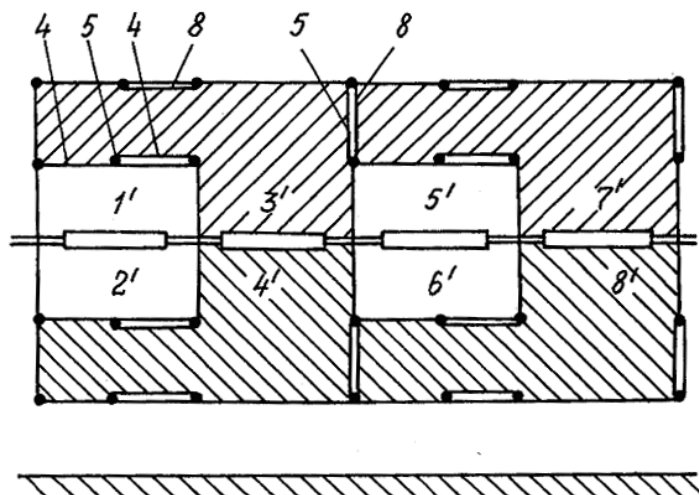


Рис. 4. Схема клетки трансформируемой в батарею из 8 клеток при проведении моциона ягнят в 3, 4, 7 и 8 клетках

Клетка трансформируемая используется как индивидуально, так и в виде батареи. Требуется минимальных капитальных вложений при содержании ягнят весь период выращивания в одной клетке с оптимальной площадью пола на каждого ягненка. При использовании в виде батареи обеспечивает организованный моцион ягнят во второй период выращивания при минимальных трудозатратах.

Разработанный ВИЭСХом новый способ скармливания жидкого заменителя овечьего молока ягнятам отличается тем, что заменитель приготавливается два раза в сутки порциями на 3–5 кормлений путем смешивания воды, подогретой до 45–55⁰С, с молочным порошком. Первую порцию смеси на одно кормление после охлаждения до 25–30⁰С подают непосредственно в поилки и скармливают. Остальные порции на 2–4 кормления направляют в охладитель для охлаждения до 7–10⁰С и хранения с последующей выдачей новой порции разового кормления за 1,0–1,5 ч до очередного скармливания в поилки, в которых ее подогревают маломощным электроподогревателем до 25–30⁰С и скармливают путем открытия доступа к соскам на 3–4 мин.

Оборудование для приготовления и скармливания жидкого заменителя овечьего молока состоит из установки для смешивания сухого порошка и воды (смесителя), охладителя и соединенных с ним сосковых поилок. Поилка имеет маломощный подогреватель, 6–10 сосков, перекрываемых управляемыми заслонками, и обслуживает столько же ягнят при их одновременном подходе.

Разработанный способ скармливания заменителя молока позволяет сократить затраты труда на приготовление и скармливание заменителя молока, предотвратить его закисание, так как он хранится при низкой температуре, его расслоение, так как он находится в поилке непродолжительное время. В связи с тем, что процесс подогрева дозы корма на одно кормление растянут во времени (между кормлениями), то можно снизить мощность подогревателя и, следовательно, электрическое напряжение и выполнить его электробезопасным.

Огораживание пастбищ. Ранний отъем ягнят от маток, особенно в романовском овцеводстве, обладающих полиэстричностью, позволяет получать три приплода в два года.

Одним из способов снижения затрат труда на пастьбу овец и улучшения социально-бытовых условий чабанов является содержание животных в огороженных загонах. По данным акад. А.В. Черкаева благодаря огораживанию пастбищ в Австралии производительность труда животноводов повысилась в 14–15 раз, а себестоимость продукции – снизилась в 2–3 раза.

Основой рационального использования культурных пастбищ является нормированный выпас овец по загонам с выделением ЭИ порционных участков, что увеличивает урожай на 15–25% и повышает поедаемость корма на 10–15% [1].

Электрические изгороди для овец у нас разработаны впервые. Электрическая изгородь переносная двухпроводная ЭИП2-1 отличается тем, что имеет более мощный генератор импульсов и двухпроводное ограждение. В комплект входят два электроограждения ЭОП2-1 с гибким проводом на синтетической основе – 8 катушек по 525 м и два комплекта стеклопластиковых стоек по 55 шт. Одним ограждением огораживается загон площадью 4–6,7 га, где пасут овец, вторым – куда их будут перегонять после стравливания первого загона. Номинальное напряжение питания переносного генератора ГИП2 –12 В от гальванических элементов.

Стационарная ЭИ для овец также двухпроводная ЭИП2-6 позволяет огораживать стационарный скотопрогон длиной два км и два переносных загона по 4–6,7 га. В комплект входят два электроограждения ЭОП2-1 и генератор импульсов стационарный ГИС2. Номинальное напряжение питания от сети 220 В 50 Гц или 12 В постоянного тока от аккумуляторной батареи.

Применение современных материалов (синтетический токопроводящий провод и стеклопластиковые стойки) позволило снизить массу ограждения в 3–4 раза. Продольная эластичность и поперечная гибкость ограждения позволяет восстанавливать форму ограждения после внешних механических воздействий без участия чабана-оператора. Применение новых мощных генераторов импульсов позволяет не бояться касания травы к проводам ограждения, что исключает ее подкашивание.

Доение овец. Укрепление кормовой базы в овцеводстве, ранний отъем ягнят, создание культурных пастбищ и внедрение загонно-порционной системы их стравливания с использованием ЭИ без ущерба для мясной и шерстной продуктивности овец позволит получать дополнительно такой ценный продукт как овечье молоко. По сравнению с коровьим в нем больше сухих веществ в 1,4 раза, жира в 1,8, общего белка 1,7 раза. По калорийности оно в 1,5 раза выше коровьего, а белок лучше усваивается в организме человека [2].

Традиционными зонами доения овец в России являются Дагестан и Северный Кавказ. Однако при интенсивном ведении отрасли доением овец можно заниматься во многих зонах с интенсивным кормопроизводством. Для доения пригодны почти все породы овец, однако только остфризская является специализированной молочной. Производство овечьего молока не требует дополнительных капитальных вложений, кроме создания и использования доильных установок.

ВИЭСХом разработана первая отечественная доильная установка для овец, которая позволяет осуществлять организованный заход овец на платформу для доения с автоматическим образованием индивидуальных боксов, автоматическую шейную фиксацию каждой овцы у кормушки, их доение, групповую расфиксацию после дойки и автоматическую установку панелей, образующих боксы, в исходное положение при выходе животных с установки [7].

В комплект установки для доения овец в стационарных условиях на фермах и в летних лагерях входят: две параллельно расположенные модульные доильные платформы с кормушками и щелевыми полами, раскол для направления овец на доильные платформы, вакуум-провод с вакуумметром и вакуум-регулятором, вакуум-насос, доильные ведра с подвесными доильными аппаратами, устройством для их промывки, тележки для транспортировки бидонов и шкаф для запасных частей.

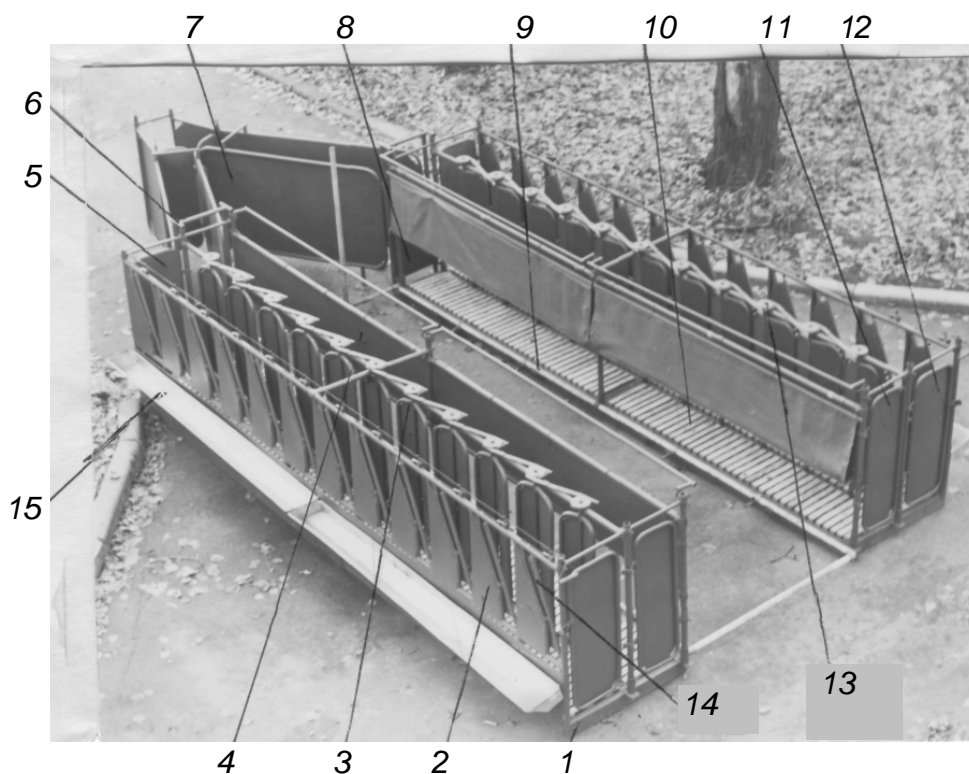


Рис. 5. Доильная установка УДО-24-Ф-1:

1 - основание платформы; 2 - передняя стенка; 3 - средняя разделительная стенка; 4 - задняя стенка; 5 - передняя торцевая стенка; 6 - стойки крепления раскола; 7 - раскол; 8 - поворотная дверка для впуска овец; 9 - вакуумпровод; 10 - дощатый настил; 11 - задняя торцевая стенка; 12 - дверка для выпуска овец; 13 - механизм фиксации поворотных панелей; 14 - рычаг шейной фиксации овец; 15 - кормушка

На рис. 5 показана доильная установка УДО-Ф-24-1, на рис.6 – доильное ведро с подвесной частью доильного аппарата.

Основным условием работы доильной установки является правильное соотношение общего времени затрачиваемого помощником дояра на загон, фиксацию и кормление овец, ко времени, затрачиваемому доярами на выполнение операций по доению. Это отношение должно быть меньше единицы, имея в виду, что после окончания доения на одной платформе дояры сразу же должны включаться на доение овец на второй платформе, чем и достигается поточность работы доильной установки.

Наиболее высокая скорость доения (до 16 г/с), при полноте выдаивания 96% достигается при правильно рассчитанных параметрах сосковой резины [8] и режимах ее работы: уровень вакуума 42–46 кПа, частота пульсаций 85–95 мин⁻¹ при соотношении тактов 2:1.

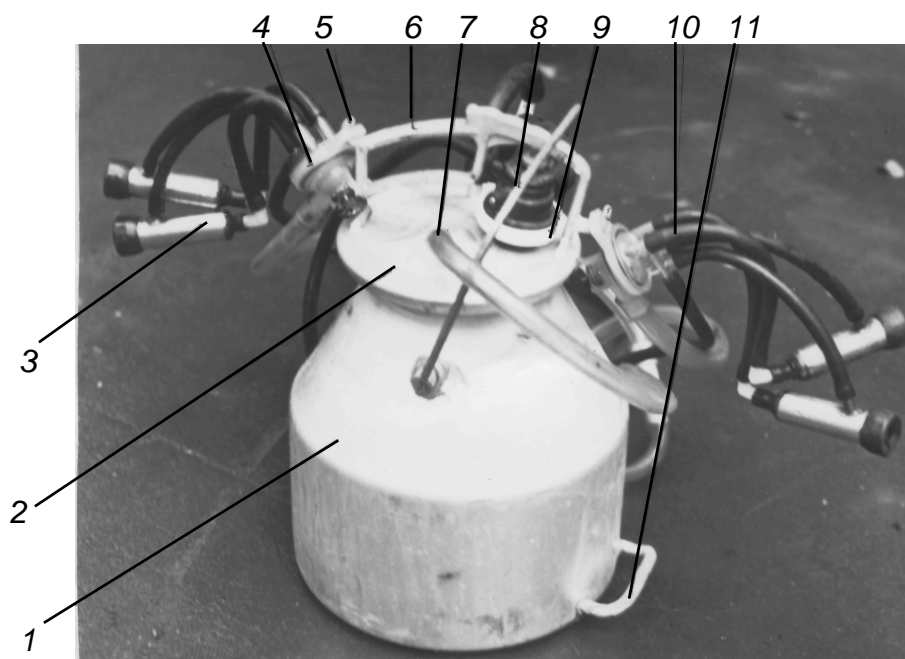


Рис. 6. Доильное ведро с подвесной частью доильного аппарата:
1 - доильное ведро; 2 - крышка доильного ведра; 3 - доильный стакан подвесной части доильного аппарата; 4 - коллектор; 5 - круг для подвески доильного аппарата; 6 - гребенка; 7 - молочный шланг; 8 - дужка ведра; 9 - пульсатор; 10 - комплект шлангов; 11 - ручка

Разработаны все типоразмеры доильных установок с модулем станков 6 и для пастбищ – с модулем 4. При контрольной проверке установки УДО-Ф-24-1 получена производительность 267 овцедоек в час, при 7% остаточного молока. Установку обслуживало два дояра и один помощник. При ручном доении, согласно нормам, требуется 5 дояров и 10 помощников.

Мясное скотоводство. При производстве мяса предпочтение следует отдавать мясным и мясомолочным породам. Определенные преимущества по мясной продуктивности имеют поместные животные при скрещивании молочных коров перед их выбраковкой из дойного стада с быками мясных пород. С биологической и зоотехнической точек зрения выращивание помесных телят на пастбищах под коровами-кормилицами наиболее целесообразно.

Молочная продуктивность коров специальных мясных пород составляет 1200–1300 кг в год, а мясомолочных пород 2200–2500 кг, что может обеспечить молоком при подсосном выращивании не менее двух телят. Даже на природных степных пастбищах получена высокая эффективность выращивания на подсосе под одной маткой двух телят, полученных от скрещивания сементальских пород с быками породы шароле.

Основным условием повышения товарности и рентабельности мясного скотоводства – проведение сезонных отелов. Молодняк, родившийся в зимне-весенние месяцы, использует дешевый пастбищный корм, поскольку содержится в хозяйстве два лета и одну зиму.

Технология пастбищного содержания мясного скота. В случае отсутствия пастбищ вблизи животноводческого комплекса на летний период организуют летний лагерь или пастбищный центр. Для коров с телятами летний лагерь или пастбищный центр оснащается оборудованием для проведения ветеринарно-санитарных мероприятий (расколы, фиксаторы, весы, трапы, устройства для дезинфекции животных и др.), водопойных пунктов (пастбищные водопойные установки, использующие энергию солнца или ветра, автопоилки), скармливания телятам концентратов и грубых кормов в виде рулонов, а также экономически выгодными устройствами для стравливания пастбищ (электрические изгороди для мясного скота).

Интенсивная пастбищная технология мясного скотоводства включает:

- создание высокопродуктивного пастбища путем улучшения травостоя и огораживания;
- загонно-порционное стравливание участков пастбища с применением ЭИ нового поколения;
- своевременный уход за стравленными участками;
- продление пастбищного периода путем специальных посевов высокостебельных растений для скармливания их на корню или скошенными в валки из-под снега.

Расширение нагула скота на пастбищах должно стать основным резервом дальнейшего повышения производства мяса.

Потребность в естественных пастбищах для мясных коров с телятами из расчета поедаемости 12 корм. ед. в сутки, питательностью – 0,19 корм. ед. и нормативной продолжительностью пастбищного сезона – 10,5 га.

При коренном улучшении малопродуктивных угодий и правильной их эксплуатации путем порционного стравливания урожайность возрастает на 25–30% и потребность снижается до 2,0–2,5 га на корову с теленком.

Пастбище для выпаса должно быть 40–50 га и один комплект ЭИ должен обеспечить стравливание для одного-двух гуртов. При этом себестоимость пастбищного корма ниже при сопоставимом сравнении с сеном, силосом и концентратами соответственно в 4; 5; и 7 раз. Продуктивность скота выше на 10–15%, а себестоимость центнера прироста на 60% ниже, чем при стойловом содержании. Анализ структуры себестоимости показывает, что это достигается за счет снижения затрат по статьям: зарплата на 23% и корма на 63% [3].

Общие затраты энергии (оценка по энергоемкости) на получение 1 кг прироста КРС при пастбищном содержании снижаются почти в 1,5 раза по сравнению с его откормом на рационах с преобладанием зерна, полученного на пахотных землях.

Огораживание пастбищ. Огораживание пастбищ по периметру и выгораживание скотопрогонов с помощью механических изгородей из трех ниток проволоки на железобетонных опорах или деревянных столбах не обеспечивает рациональных и удобных при эксплуатации условий. Общая стоимость такой изгороди относительно итоговой суммы затрат на 1 га составляет 30–45% и требует больших затрат ежегодного труда на ремонт.

Электрические изгороди снимают все недостатки капитальных механических изгородей. Для мясного скотоводства могут использоваться двухпроводные ЭИ, разработанные для овцеводства. Кроме того, целесообразно использовать специально

разработанные для мясного скотоводства электрические изгороди временного (сезонного) использования ЭИВ2-4. Ею можно огораживать сезонный скотопрогон длиной 1 км и два смежных загона по 4–6,7 га. Все ограждения производятся 4-мя комплектами электроограждения ЭОП2-1, что придает ей большую маневренность при эксплуатации.

Исследованиями, проведенными ВНИИМС совместно с ВИЭСХ установлено, что себестоимость 1 ц корм. ед. снижается при использовании ЭИ на 45,4% по сравнению с укосным способом использования пастбищ и на 31,4% по сравнению с устройством капитальной изгороди.

Среднесуточный прирост массы мясного скота за пастбищный период составил: при порционном стравливании с применением ЭИ – 905 г, при крупно-загонном выпасе с капитальной изгородью – 869 г или в расчете на одну корову с теленком за сезон 149 и 143 кг соответственно.

Выход мяса с 1 га кормовой площади составил в среднем с применением ЭИ – 1,2 ц, в контроле – 1 ц. В тоже время затраты на капитальную изгородь в расчете на 1 га выше в 6 раз по сравнению с ЭИ.

Молочное животноводство. При пастбищном содержании молочного скота большое значение имеет качество культурного пастбища. Молочные коровы нуждаются исключительно в обильном зеленом корме, с высокими вкусовыми качествами, легко переваримом и богатым питательными веществами.

Ниже приведены данные потребности коровы весом 500 кг, продуктивностью 20 л/сут. жирностью 4%, которой необходимо 15,5 кг сухого вещества (СВ) определенной питательности и возможности зеленого корма, состоящего из 50% листьев клевера ползучего и 50% райграса пастбищного.

Таблица 1. Потребности коровы в корме и возможности пастбищного корма

Показатели	Потребности коровы	Возможности корма
Энергия, корм ед/ кг СВ	0,82	0,85
Азотные вещества, %/кг СВ	15,3	22,1
Минеральные вещества, г/кг СВ:		
- Са	8,1	10
- Р	4,4	5

Как видно из табл. 1, данный состав зеленого корма по питательности превышает состав комбикорма, что объясняет, почему в Ленинградской обл. коровы вначале пастбищного сезона, питаясь на правильно используемых пастбищах (ЭИ на травосмеси клевера и райграса) дают 20–26 л молока на голову без комбикормов и минеральных добавок, не теряя в весе.

Кроме того, травяная смесь, содержащая 50% клевера ползучего, предоставляет райграсу 200–300 кг чистого азота на 1 га в год, синтезированного клевером ползучим из атмосферы. Такое обильное удобрение обеспечивает урожайность 4000–6000 корм. ед/га и богатый белком корм до 20% ОАВ.

Необходимо учитывать, что затраты на производство травяных кормов в 1,5 раза ниже по сравнению с зерновыми и в 2–2,5 раза по сравнению с другими культурами интенсивного типа – кукурузой и корнеплодами.

Продолжительность основного пастбищного периода в лесной зоне составляет 140–150 дней, а при наличии корма он может быть увеличен. В лесостепной зоне в европейской части страны 150–165 дней, в Западной Сибири – 110–120, в Забайкалье – 90–110 и в Туве – 150–160 дней. В степной и сухостепной зонах Северного Кавказа – 180–200 дней.

Литература

1. Шевцов В.В. Энергосберегающие интенсивные технологии в кормопроизводстве пастбищного животноводства // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. Труды 4-й Международной научно-технической конференции. Часть 3. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2004. С. 30-34.
2. Шевцов В.В. Производство и переработка овечьего молока // Зоотехния. 1990. №8. С. 75-77.
3. Андреев А.В., Зотов А.А. Организация культурных пастбищ в промышленном животноводстве. М.: Агропромиздат, 1985.
4. Кормопроизводство: системообразующая роль в Центрально-Черноземной полосе России. Воронеж: ВИК, 2002.
5. Патент РФ №2340171. Клетка трансформируемая / В.В. Шевцов, Р.С. Суюнчалиев // БИ. 2008. №34.
6. Патент РФ №2348171. Способ скармливания жидкого заменителя овечьего молока ягнятам. / Р.С.Суюнчалиев, В.В.Шевцов // БИ. 2009. №7.
7. А.С. СССР №1186172. Устройство для фиксации животных при доении / Шевцов В.В., Винников Н.И., Миргиев И.А. // БИ. 1985. №39.
8. А.С. СССР №1365388. Доильный стакан / Шевцов В.В., Винников Н.И., Миргиев И.А. // Без публикации.

РАЗВИТИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ ВИЭСХ ПО КОМПЛЕКСНОЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЗАЦИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОМБИКОРМОВ В ХОЗЯЙСТВАХ

Канд. техн. наук С.Г. Карташов
(ГНУ ВИЭСХ)

В области механизации животноводства решающее значение имело создание в 1930 г. Всесоюзного научно-исследовательского института электрификации сельского хозяйства (ВИЭСХ) [1, 2].

В 1966 г. в ВИЭСХе было обосновано магистральное направление интенсификации сельского хозяйства в соответствии с аграрной политикой страны по развитию специализации и концентрации производства на базе межхозяйственной кооперации. В это время в ВИЭСХе была создана лаборатория электромеханизации приготовления комбикормов в хозяйствах, которую возглавил канд. техн. наук В.И. Сыроватка. Перевод животноводства и птицеводства страны на промышленные методы производства продукции предусматривал резкое увеличение приготовления и потребления комбикормов непосредственно в хозяйствах. Выполненные исследования и накопленный опыт позволили ВИЭСХу совместно с другими научно-исследовательскими учреждениями разработать и предложить Минсельхозу, Минсельхозмашу организовать производство машин и оборудования для животноводства в соответствии с утвержденной номенклатурой «системы машин» для приготовления полнорационных комбикормов.

В это время была сформулирована задача и указана одна из главных причин недостаточных темпов развития животноводства – серьезное отставание производства кормов для различных видов животных. Намечено, что в ближайшие годы необходимо создать в каждом хозяйстве прочную базу для животноводства, придать кормопроизводству отраслевой характер, организовать предприятия по приготовлению и переработке кормов непосредственно из фуражного зерна хозяйств.

В ВИЭСХе (В.И. Сыроватка, А.И. Пакулина) разработали принципиально новые методы и методики по определению оптимальных мощностей и размещения цехов для приготовления комбикормов в хозяйствах [3, 4, 5].

Выполненные в институте в 1970–80-х годах фундаментальные исследования (Е.М. Клычев, В.С. Ромалийский, С.Г. Карташов, А.В. Дервиш, В.А. Денисов, Е.С. Макаров, Н.П. Мишуков, М.И. Королёв, В.Н. Клейменов, Н. Ахметов, Г.С. Тейбе, И.С. Марычева, А.А. Мансуров и др.) под руководством академика ВАСХНИЛ В.И. Сыроватка стали основой планов всеобщей электромеханизации процессов в животноводстве. Это в дальнейшем позволило сформулировать комплексные межотраслевые программы новых способов обработки кормов, методов и технических средств по автоматизации технологических процессов приготовления полнорационных комбикормов.

По результатам исследований были рекомендованы в производство комбикормовые цеха АКЦ-50, ОКЦ-10, ОКЦ-30, ОКЦ-50, совместно с ВНИИЖИВМАШем и ГСКБ г. Умань (Украина) выпускаются серийно малогабаритные комбикормовые агрегаты УМК-Ф2, РСБ-4, МКА производительностью 1, 2, 3 т/ч, налажен серийный выпуск плющилок ПЗ-2, ПЗ-3 и ПЗ-3А.

В ВИЭСХе была разработана новая технология, положенная в основу проекта комбикормового цеха АКЦ-50, оборудование которого было смонтировано в совхозе им. Фрунзе Белгородской области. Цех был рекомендован в серийное производство.

В 1977 г. в Краснодарском крае на комбикормовом заводе госплемзавода «Венцы-Заря» была смонтирована линия для приготовления белково-витаминно-минеральных добавок (БВМД), работающая до сих пор.

В это же время начат серийный выпуск дробилок производительностью 1, 2, 4, 6, 8, 10, 20 т/ч [6, 7].

По результатам НИР 1985 – 1988 гг. Куйбышевским моторным заводом выпускаются серийно экструдеры КМЗ-2 и КМЗ-2М [8, 9, 10].

В 1988 г. совместно с Всесоюзным институтом гельминтологии им. Скрыбина (ВИГИС) была разработана технология приготовления кормолекарственных смесей. Изготовлено 1500 комплектов передвижных установок УКС-1, которые обеспечивали вольное скармливание лечебных смесей животным на отгонных пастбищах. При этом производительность труда повышалась в 40 раз по сравнению с существующими ранее методами инъекций лекарства каждому животному [11].

Современное промышленное животноводство и птицеводство требуют решения крупных проблем механизации приготовления комбикормов, связанных с необходимостью стабильно снабжать фермы и комплексы высококачественными и дешевыми кормами независимо от сезонности и урожайности года.

Широкое использование электроэнергии в технологических процессах обработки зерна (электротепло, ИК-излучение, смешивание сыпучих кормов в электромагнитном поле или в псевдооживленном слое, гидротермическая, вакуумная, вихревая, электронно-импульсная обработка) требует обоснования новых способов, приемов и разработки многофункциональных устройств и механизмов, способных в одной машине совместить несколько процессов обработки [12].

С 2006 по 2008 год основными итогами НИР и ОКР, выполненными в ВИЭСХе, являются: серийное производство типоразмерного ряда универсальных смесителей для сыпучих компонентов комбикормов емкостью 10, 20, 50, 100, 200 кг, которые обеспечивают однородность смешивания до 98%. Заводами Минсельхоза России выпущены серийно плющилки зерна производительностью 2 – 3 и 6 – 10 т/час, обеспечивающие снижение затрат электроэнергии на 20 – 30%. Разработаны и утверждены Россельхозакадемией «Рекомендации по заготовке и использованию высоковлажного фуражного зерна на корм скоту», которые опубликованы и разосланы по всем регионам России. Разработаны новые технологии и способы: заготовки и консервирования в целом виде влажного фуражного зерна при хранении в обычных условиях (силосование); хранения влажного зерна (как сухого) с последующим плющением необходимой порции перед использованием; универсальный способ плющения как влажного, так и сухого зерна. Обоснованы и разработаны параметры технических средств для приготовления комбикормов на основе использования плющеного зерна [13].

Разработан экспериментальный образец технического средства для непрерывного объемного дозирования компонентов комбикормов с импульсной выдачей продукта при использовании в малогабаритных комбикормовых агрегатах (оформлен технический паспорт).

Обоснован ресурсосберегающий способ высокотемпературной термодинамической обработки на основе воздействия на зерно инфракрасного излучения в компози-

ции с влаготепловой и другими способами обработки (при этом обеспечивается снижение содержания антипитательных веществ до количеств ниже ПДК в 1,2 – 2 раза в сортах яровой вики; ингибиторы трипсина инактивируются до допустимого уровня, при этом повышается усвояемость крахмала в 1,5 – 4 раза и продуктивность животных на 8 – 10%).

Предложен новый способ разрыва трудноотделяемой оболочки с ядром (на примере люпина), защищенный Патентом РФ. Разработана структурно-технологическая схема процесса полной переработки семян люпина и его отходов, используемого в кормовых целях.

Изготовлен экспериментальный терморреактор для обработки фуражного зерна.

Предложены новые методики: теплового расчета системы скарификации зерна (соя); расчета параметров и режимов работы скарификатора; расчета энергосберегающей технологической линии приготовления высокопитательных добавок к комбикормам для молодняка животных.

Разработаны ТЗ, ТТ и ТЭО:

- на рациональную структурную схему технологической линии, позволяющей приготовить высокоэффективные протеиновые добавки с повышенной энергетической ценностью, производительностью 3 т/час, прибыль от реализации дополнительной продукции при скормливании свиньям составляет 11,8 млн. руб., срок окупаемости – менее 1 года;

- на новые технические средства тепловой скарификации зерна высокобелковых и масличных культур;

- на шелушитель зерна рапса. Предложен новый способ и даны режимы и параметры шелушителя (оформлен технический паспорт; подана заявка на изобретение);

- создан экспериментальный образец кондиционера зерна рапса для предварительного его шелушения.

Цели и задачи развития техники и технологий для производства высококачественных комбикормов из местного фуражного зерна на период до 2020 г. определены академиком РАСХН В.И. Сыроваткой и его учениками, к.т.н. Е.М. Клычевым, к.т.н. С.Г. Карташовым, к.т.н. В.С. Ромалийским [13]. Для выполнения поставленных целей с 2006 по 2010 гг. были изучены новые способы и процессы заготовки и использования высоковлажного зерна на корм скоту, созданы и разработаны технические средства тепловой обработки фуражного зерна для приготовления полноценных комбикормов в хозяйствах. Разработаны новые способы и параметры технических средств для обработки зерна высокобелковых бобовых и масличных культур. Осуществлен поиск новых способов повышения питательной ценности компонентов комбикормов за счет скоростного кондиционирования, совершенствования процесса гидротермической обработки фуражного зерна (ГТО) и отходов его переработки. Произведена разработка технических средств для обработки семян бобовых культур [14].

В 2009 г. под руководством академика РАСХН В.И. Сыроватки были предложены и изучены гидротермические технологии для повышения качества кормов в сельскохозяйственном кормоприготовлении. Однако они требуют совершенствования с целью снижения энергозатрат.

Новым способом гидротермической обработки, обеспечивающим повышение качества кормов (увеличение усвояемости, обеспечение максимального снижения в

них антипитательных веществ) является комбинированный способ, включающий скоростное кондиционирование и последующую выдержку в изотермическом реакторе в течение определенного времени. При этом важно обеспечить нужные параметры обработки (влажность, температуру, оптимальную продолжительность обработки зерна в скоростном кондиционере).

В существующих кондиционерах кратковременного воздействия невозможно повысить влажность зерна от кондиционной до 18 – 24%, максимальное увеличение влажности составляет 2 – 3%.

Для достижения высокой эффективности обработки обоснованы параметры и режимы нового способа кондиционирования фуражного зерна, состоявшего в кратковременной обработке его методом осциллирующего (импульсного) воздействия на зерно паром и водой. Это обеспечивает более эффективное кондиционирование, а последующая выдержка в изотермическом реакторе (или темперирование) позволяет достичь максимальной равномерности гидротермической обработки (ГТО) в щадящем режиме, с достижением оптимальных параметров ГТО (температуры, влажности, продолжительности обработки). В результате повышается усвояемость зерна и продуктивность животных за счет возрастания питательной ценности и соответственно снижения расхода кормов (и увеличения их конверсии) на 10 – 15%. При этом затраты энергии на повышение влажности и температуры до требуемых значений (влажность 19 – 24%, температура 80 – 95°C) снижаются на 15 – 20%, в том числе на перемешивание (на единицу влажности) более чем в 2 раза. Применение последующего плющения позволяет снизить суммарные энергозатраты на 18 – 23%.

Таким образом, новый способ кондиционирования обработкой одновременно паром и водой в определенном режиме обеспечивает повышение питательной ценности зерновых компонентов комбикормов, а также снижение энергозатрат на их производство на 15 – 20% и расход кормов на 15 – 20%.

Новый способ может использоваться также для обработки некондиционных комбикормов для повышения их качества и санитарно-гигиенических показателей.

Были изучены и предложены перспективные направления развития комбикормового производства по углубленной переработке зерна и комбикормов как эффективного средства повышения питательной ценности и снижения стоимости кормов. Используемые ранее технологии (плющение, экструдирование, экспандирование, микронизация и др.), как правило, основаны на жестком и экстремальном воздействии на продукт потоками энергии высокой плотности при сравнительно малом времени обработки. Такое воздействие может вызвать не только положительные, но и необратимые отрицательные изменения вещества, вплоть до образования токсических эффектов.

В связи с этим необходимым условием оптимизации процесса и снижения риска опасных трансформаций продукта является предварительная гидротермическая обработка (ГТО).

Известные способы ГТО обычно включают две стадии – кратковременное (30 – 60 с) и последующее довольно длительное (10 – 60 мин) кондиционирование продукта при высокой температуре (свыше 90°C). Существующие системы построены нерационально, отличаются большой продолжительностью процесса и энергозаточительны.

В результате проведенных исследований были выявлены наиболее характерные тенденции совершенствования технологии ГТО. Предложен энергосберегающий способ интенсивной гидротермической обработки, представляющей собой рациональное осуществление технологического процесса на основе соответствия внешних воздействий (нагрев, увлажнение, перемешивание слоя и т.п.) внутренним процессам в объекте (структурным изменениям, механизму тепло- и влагопереноса, качественным преобразованием объекта). Стратегически задача повышения интенсивности процесса ГТО решалась применением вместо стационарной – перспективной импульсной формы организации воздействия потоков тепла и влаги, в сочетании с активным механическим воздействием на продукт.

Энерго- и ресурсосбережение здесь связано с достижением наиболее рационального влагосодержания и высокой его однородности, применением максимально возможных внешних воздействий и наибольших факторов (например, градиентов температур или влагосодержания), что в итоге позволяет сократить продолжительность процесса ГТО в 1,5 – 2 раза и снизить энергозатраты на 20 %.

На основании проведенных исследований и теоретических и экспериментальных данных обоснован способ процесса обрушения зерна бобовых культур и конструктивно-режимные параметры установки. Новый способ и изготовленный образец для обрушения зерна люпина (сорт «Дега») проверен и испытан в ГНУ ВИЭСХ совместно с представителями ГНУ ВНИИ люпина (г. Брянск). Лабораторно-производственные испытания на шелушении зерна белого, желтого и узколистного вида семян люпина показали, что эффективность шелушения составила соответственно 78 – 80,8%; 75 – 80%; 75 – 87,1%. Установка подготавливается для проведения государственных испытаний. При переработке 1500 кг семян люпина узколистного влажностью до 16% выявлена высокая эффективность шелушения 99,5 – 100% и однородность продукта измельчения (коэффициент вариации менее 45%) [15].

Разработан и изготовлен экспериментальный образец экстрактора для обработки белковой крахмальной части фуражного зерна и семян бобовых культур с целью повышения их питательной ценности. Экспандер позволяет активизировать процесс извлечения белка в водной среде, это обеспечивает повышение выхода белка на 10 – 15%.

В 2010 г. по итогам НИР и ОКР был разработан энергосберегающий способ и обоснованы параметры технических средств производства высокобелковых добавок на основе зерна и отходов его производства, обеспечивающие повышение питательной ценности комбикормов и снижение расхода энергии на 10 – 12%.

Разработан способ, параметры и конструктивно-технологическая схема гидротермического реактора (кондиционера) для тепловой углубленной обработки зерна и комбикормов [16].

Обоснованы параметры технических средств для обрушения семян люпина и выделения отходов, проведены Государственные испытания шелушителя-измельчителя зерна [17].

Разработан и изготовлен экспериментальный макетный образец «Системы импульсного ввода жидкостей в смеситель-кондиционер комбикорма». Система предназначена для повышения интенсивности адсорбции и обеспечения высокой равномерности распределения лечебных препаратов в комбикорме при их вводе в виде суспен-

зии в смеситель. В отличие от существующих отечественных и зарубежных аналогов стационарного (прямого) ввода жидкостей в предлагаемом способе используется принципиально новая форма организации процесса – импульсная, обеспечивающая сокращение продолжительности стадии влагопоглощения и смешивания в 1,5 – 2 раза (к.т.н. С.Г. Карташов, к.т.н. Е.М. Клычев).

Только за 2006 – 2010 годы были получены 4 патента, опубликованы 22 статьи. Результаты НИР и ОКР доложены на 10 Международных конференциях.

Литература

1. *Краснов В.С.* Комплексная электромеханизация ферм крупного рогатого скота // Научные труды ВИЭСХ. Том XX. М.: ВИЭСХ, 1967. С. 51-76.
2. *Цой Ю.А.* Развитие комплексной электромеханизации молочных ферм // Научные труды ВИЭСХ. Том 87. Энергетика и электромеханизация сельского хозяйства. М.: ВИЭСХ, 2000. С. 169-177.
3. *Сыроватка В.И., Пакулина А.И.* Методика определения оптимальных мощностей и размещения цехов для приготовления комбикормов в хозяйствах. М.: ВИЭСХ, 1970.
4. *Сыроватка В.И.* Предпосылки и основы построения поточных линий приготовления комбикормов в колхозах, совхозах и межхозяйственных предприятиях // Научные труды ВИЭСХ. Том 44. М.: ВИЭСХ, 1977. С. 122-131.
5. *Сыроватка В.И.* Методика расчета технологических схем комбикормовых предприятий // Мукомольно-элеваторная и комбикормовая промышленность. 1980. №5. С. 28-30.
6. *Карташов С.Г.* Классификация комбикормовых агрегатов по виду связи основных узлов // НТБ ВИЭСХ. Вып. 2(23). М.: ВИЭСХ, 1974.
7. *Карташов С.Г.* Перспективные способы и машины для приготовления комбикормов в хозяйствах // Научные труды ВИЭСХ. Том 44. М.: ВИЭСХ, 1977. С. 132-138.
8. *Макаров Е.С.* Определение параметров процесса экструзии кормов и разработка методики расчета пресс-экструдера. Дисс. ... канд. техн. наук. М.: ВИЭСХ, 1985. – 190 с.
9. *Клейменов В.Н.* Обоснование параметров и режимов работы экструдера для переработки фуражного зерна в кормоцехах хозяйств. Дисс. ... канд. техн. наук. М.: ВИЭСХ, 1986. – 181 с.
10. *Королев М.И.* Установка для приготовления комбикормов с электрическим нагревом рабочего органа. Дисс. ... канд. техн. наук. М.: ВИЭСХ, 1988. – 233 с.
11. Передвижная установка УКС-1 для приготовления кормолекарственных смесей / Селюнин В.А., Карташов С.Г.: Проспект. М.: Главное управление ветеринарии МСХ СССР, 1983. – 8 с.
12. *Мишуров Н.П.* Обоснование оптимальных параметров и режимов работы установки для обработки фуражного зерна ИК-излучением. Дисс. ... канд. техн. наук. М.: ВИЭСХ, 1989. – 190 с.
13. Рекомендации по заготовке и использованию высоковлажного фуражного зерна / Сыроватка В.И., Попов В.Д., Сысуев В.А., Ромалийский В.С. и др. – М.: РАСХН, 2006. – 132 с.
14. Стратегия машинно-технологического обеспечения производства продукции животноводства на период до 2020 года / Лачуга Ю.Ф., Сыроватка В.И. и др. – Подольск: ВНИИМЖ, 2009. С. 41-61.
15. Заявка на изобретение № 2010113263 от 07.04.2010. Устройство для шелушения и сепарации зерна / Перов А.А. и др.
16. *Клычев Е.М.* Обработка зерна и комбикормов в реакторе-кондиционере // Комбикорма. 2010. №7. С. 41-42.
17. Протокол № 09-23-10 (4010033) приемочных испытаний шелушителя-измельчителя ШИЗ-05. Климовск: ФГУ «Подольская государственная машино-испытательная станция», 2010.

**ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННАЯ СИСТЕМА В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ –
НАПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА. ИСТОРИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

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

Государственной программой развития сельского хозяйства одной из основных задач определена техническая и технологическая модернизация сельскохозяйственного производства, направленная на обеспечение увеличения производства сельскохозяйственной продукции, повышение ее качества, конкурентоспособности на основе ускоренного перехода к использованию инновационных агротехнологий и техники. Важным инновационным направлением развития сельского хозяйства является освоение ресурсосберегающих технологий точного земледелия в растениеводстве на базе электрификации, автоматизации, роботизации, информационных технологий.

Самым крупным потребителем нефтепродуктов, трудовых ресурсов и инвестиций в сельском хозяйстве является полеводство (растениеводство), а к числу наиболее энергоемких и трудоемких в технологиях растениеводства относятся полевые мобильные процессы и операции. В условиях постоянного увеличения стоимости жидкого углеводородного топлива, при ухудшении экологической обстановки, росте дефицита трудовых ресурсов понятен и оправдан возрастающий интерес к проблеме электрификации полеводства по мере развития электроэнергетики, электропромышленности и расширения областей эффективного применения электрической энергии в различных отраслях экономики в нашей стране и за рубежом. Тем не менее, пока проблема применения электрической энергии в мобильных процессах растениеводства носит поисковый характер, что объясняется сложностью проблемы, не имеющей аналогов в других отраслях экономики.

Первые опыты так называемой «электропахоты» были проведены еще в 1879 г. на плантациях одного из свеклосахарных заводов во Франции [1]. В России проект электропахоты впервые рассматривался в 1902 г. на Втором Всероссийском Электротехническом съезде, а в 1919 г. были изготовлены и испытаны 20 электропахотных агрегатов канатной тяги. Это были первые практические опыты в России по применению электроэнергии для пахоты, которые, однако, были прекращены из-за недостаточной обработанности конструкции, низкого качества изготовления электроагрегатов, а также из-за недостатка электроэнергии в тот период. Последующее успешное строительство мощных электростанций согласно плану ГОЭЛРО привело к снижению дефицитности и стоимости электроэнергии, а коллективизация сельского хозяйства способствовал укрупнению посевных площадей. Эти предпосылки и послужили основанием для принятия решения о возобновлении в 1930 г. научно-исследовательских и опытных работ по электрификации земледелия. В Постановлении Президиума ВАСХНИЛ от 25 ноября 1929 г. (протокол № 9), рассмотревшем вопрос об основных установках работ и структуре института механизации сельского хозяйства, указано, что при изучении конструкций машин и орудий необходимо обратить внимание на конструирование их и для электрической тяги.

Работы по электрификации полевых мобильных процессов ВИЭСХ (основан в марте 1930 г.) начал проводить с первых лет своего существования. Уже в 1931 г. в журнале «Электрификация сельского хозяйства» была опубликована статья [2] о результатах испытаний двух электропахотных агрегатов канатной тяги зарубежного производства: электролебедки, балансирные плуги, передвижные трансформаторные подстанции. Испытания проводились в Саратовской области с участием НИИ агрономического профиля. В 1932–1937 гг. электроагрегатами канатной тяги выполнена работа в объеме более 12000 га. Опытная эксплуатация отечественных и зарубежных электроагрегатов канатной тяги показала нецелесообразность их применения в хозяйствах чернового направления из-за больших затрат металла (в том числе меди), плохой маневренности, низкой производительности, ограниченности областей использования (в основном на пахоте), частого выхода из строя стального каната, тяжелых условий работы обслуживающего персонала на балансирных плугах, высоких капиталовложений и эксплуатационных издержек. Работы по использованию электропахотных агрегатов канатной тяги были прекращены в 1937 г. Наряду с этим было установлено, что электроагрегаты канатной тяги могут быть эффективно использованы при плантажной пахоте на глубину 65–70 см под виноградники, на рисовых плантациях, в горном земледелии и т. д.

Параллельно с разработкой электроагрегатов канатной тяги в Советском Союзе проводились поисковые исследования по созданию менее громоздких и более маневренных электроагрегатов, не уступающих тепловым тракторам по конструктивным и эксплуатационным свойствам, надежности и универсальности. Наибольшие трудности при создании таких агрегатов заключаются в обеспечении постоянной электрической связи между источником электроснабжения и движущимися машинами (в пределах нескольких километров), т. е. вопрос передачи энергии от стационарных централизованных электросетей к полевым мобильным электроагрегатам (ПМЭ).

В 1929–30 гг. профессорами А.М. Амираджиби и А.К. Дидебулидзе (Тбилисский филиал ВИЭСХ) были разработаны и испытаны одни из первых в стране электротракторы трехфазного переменного тока мощностью 20 кВт с питанием по гибкому кабелю длиной в несколько сот метров.

Значительный вклад в разработку советских конструкций электротрактора был сделан инженером В.А. Пичак (Запорожский филиал ВИЭСХ), который разработал (1935 г.) электротрактор с кабельным барабаном оригинальной конструкции, рассчитанной на длину кабеля 600 м со стрелой, обеспечивающей подачу кабеля на трактор.

В тридцатые–сороковые–пятидесятые годы прошлого столетия были разработаны 13 конструкций экспериментальных электротракторов и зерноуборочных электрокомбайнов [1]: 1933–1936 гг., Средне-Азиатский филиал ВИЭСХ (В.Т. Данильченко); Запорожский филиал ВИЭСХ (П.А. Пичак); ВИЭСХ (И.Р. Щеголев, В.С. Жданов, А.А. Краснов и др.); Крым (З.Л. Элькин). Эти электротракторы на базе шасси колесных и гусеничных тракторов имели мощность от 29 до 45 кВт [2].

Как показали испытания (ВИЭСХ, 1935 г.), ни один из тракторов не был пригоден для эксплуатации из-за неудовлетворительного решения главной задачи – подвода электрической энергии и несовершенства конструкции, хотя по отдельным узлам были оригинальные технические решения. В частности, в конструкции электроплуга инженером Прехта впервые сделана попытка создания электромоторизованного почвообрабатывающего орудия челночно-реверсивного действия с передачей энергии

стационарных электросетей при помощи гибкого кабеля длиной до 200 м. Этот способ электропитания предусматривает расстил кабеля по почве при движении от электросети и подбор его при движении электроагрегата в обратном направлении.

За период с 1937 по 1956 гг. ВИЭСХом, ВИМЭ (П.Н. Листов, В.Г. Стеценко и др.) был создан ряд опытных образцов электротракторов и самоходных зерноуборочных электрокомбайнов.

Первые образцы электротракторов типа ЭТ–2 (напряжение 500 В, длина кабеля 750 м) после лабораторных испытаний в Крыму были переданы в 1938 г. Энгельской МТС (Саратовская область) для длительных хозяйственных испытаний, где до этого эксплуатировались отечественные и зарубежные электроагрегаты канатной тяги.

За период с 1937 по 1946 гг. двумя опытными электротракторами ЭТ–2 [3] были выполнены различные полевые работы в объеме 7000 га без замены гибкого питающего кабеля. С учетом этого опыта в Свердловской области был создан гусеничный электротрактор ЭТ–4 на номинальное напряжение 1000 В, что позволило существенно снизить металлоемкость, затраты меди и других материалов по сравнению с электротрактором ЭТ–2.

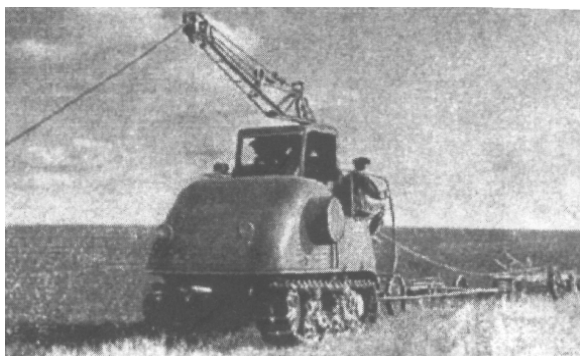


Рис. 1. Опытный образец электротрактора конструкции ЭТ–5, $U=1000$ В, длина кабеля 750 м

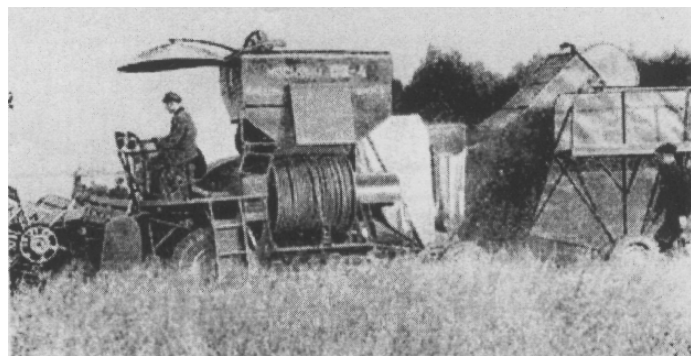


Рис. 2. Экспериментальный образец самоходного зерноуборочного электрокомбайна СЭ–4, $U=1000$ В, длина кабеля 750 м

Учитывая положительные результаты испытаний электротракторов в Свердловской области, была выпущена в 1949 г. опытная серия электротракторов ЭТ–5 (рис. 1). За период 1949–1954 гг. 30-ю электротракторами ЭТ–5 было выполнено более 20 наименований полевых работ в объеме более 100 тыс. га в трех регионах СССР: Украина (Корсунь-Шевченковская МТС), Свердловская область (Баженовская МТС), Рязанская область (Рыбновская МТС). Энергообеспечение этих МТС осуществлялось от межколхозных ГЭС: Корсунь-Шевченковская (Украина), Кузьминская (Рязанская область), государственная энергосистема Уралэнерго (Свердловская область).

В 1950–1957 гг. были созданы экспериментальные образцы самоходного зерноуборочного электрокомбайна СЭ–4 и СЭ–5 (ГСКБ по самоходным комбайнам, ВИЭСХ, ВИСХОМ, В.Г. Стеценко, М.А. Пустыгин) (рис. 2) [3].

В 1950-е годы были также созданы опытные и экспериментальные образцы: пропашной электротрактор ЭТУ–13 (Ташкентский филиал ВИЭСХ), самоходная широкозахватная электрокосилка ЭК–10 (ВНИИМЭСХ), электротракторы класса 2т и 1,4т ЭТЕ–25 и ЭТ–36 (НАТИ), промышленные образцы электротрактора класса 3т

ХТЗ–12 и ХТЗ–15 (ХТЗ), передвижная трансформаторная подстанция ПЭА–75 (Ереванский электромашиностроительный завод Армянская ССР) [3], оборотные пилы и полунавесные сцепки для агрегатирования электротракторов с широкозахватными сельскохозяйственными машинами и орудиями и др.

Результаты исследований и опыт эксплуатации полевых мобильных электроагрегатов с централизованным электроснабжением показали, что они открывают широкие возможности для применения электроэнергии в технологических процессах и создания прогрессивной техники для возделывания и уборки сельскохозяйственных культур, основанных на использовании технических преимуществ электроэнергии и применения электропривода, систем автоматизированного управления и др.

Однако в результате экспериментальных исследований электроагрегатов был установлен ряд недостатков: ограниченная маневренность, повышенная металлоемкость электрифицированной системы полеводства, неполный охват полевых процессов и выполнение их на старых технологических основах, высокие тарифы на электроэнергию. Новизна и специфичность организации и опытный характер работ обусловили повышенные эксплуатационные издержки электроагрегатов по сравнению с тепловыми тракторами и другими полевыми машинами. На основании этих выводов НИР и ОКР по этому направлению в 1955 г. были прекращены.

Условия развития сельскохозяйственного производства, сложившиеся к середине шестидесятых годов двадцатого века, связанные с низкой урожайностью сельскохозяйственных культур, значительными затратами труда на их возделывание, большим потреблением нефтяного топлива, ввод новых энергетических мощностей в государственных энергосистемах, а также программа ускоренного строительства сельских электрических сетей создали условия и вызвали необходимость возобновить исследования по вопросам мобильной электроэнергетики в растениеводстве.

По инициативе и под руководством академика П.Н. Листова ВИЭСХом с 1965–1966 гг. в сотрудничестве с рядом НИИ и ВУЗов агроинженерного профиля проводились исследования по проблеме «Разработка технологических способов и технических средств электрификации мобильных процессов в растениеводстве». Наряду с ВИЭСХом координирующими исследованиями занимались: Грузинский НИИМЭСХ, ЧИМЭСХ, кафедра электрификации сельскохозяйственного производства ТСХА, Ленинградский СХИ, ЦНИИМЭСХ, МИИСП, САИМЭ, Львовский СХИ, Волгоградский СХИ, Тульский политехнический институт, Азербайджанский НИИГиМ, Томский НИИ кабельной промышленности [4, 5]. Особое внимание было уделено разработке приемов использования электрической энергии непосредственно в технологических процессах растениеводства. Под руководством академика П.Н. Листова на кафедре ТСХА и ВИЭСХ с 1966 г. были расширены поисковые исследования по разработке электротехнологических приемов выполнения ряда производственных процессов в земледелии и животноводстве.

В ВИЭСХе в этот период организована лаборатория электротехнологий в растениеводстве и мобильных электроагрегатов. В 1969 г. ВИЭСХом был издан сборник статей «Электротехнические средства для выполнения мобильных работ в сельском хозяйстве» в двух частях [6] общим объемом 16,5 печатных листов. В сборнике подведены итоги научно-исследовательских работ по электрификации мобильных процессов в растениеводстве и созданию технических средств для ее осуществления.

В тот период и позднее, семидесятых годах исследования по электрификации мобильных процессов проводились фактически на основе инициатив ученых и специалистов.

В начале восьмидесятых годов известные ученые академики П.Н. Листов и И.А. Будзко, проф. М.А. Пустыгин (ВИЭХОМ) и др. выступили с предложением о восстановлении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по электрификации мобильных процессов в растениеводстве, и наметили направления работ по этой проблеме, которые были одобрены Бюро Отделения механизации и электрификации ВАСХНИЛ 8 мая 1980 г. ВИЭСХу было поручено подготовить доклад с технико-экономическими обоснованиями применения электрической энергии в растениеводстве, отразив в нем накопленный опыт в нашей стране и за рубежом.

В соответствии с постановлением Бюро механизации и электрификации ВАСХНИЛ от 12 марта 1981 г. о развитии работ по мобильной электроэнергетике в ВИЭСХ лаборатория электротехнологий в растениеводстве и мобильных электроагрегатов реорганизована в лабораторию электрификации мобильных процессов в сельском хозяйстве.

В июне 1983 г. в г. Челябинске ВИЭСХ, ЧИМЭСХ, СИБИМЭ организовали и провели научно-методическое совещание «Электрификация мобильных процессов в растениеводстве и животноводстве». До начала совещания был издан сборник тезисов 68-ми докладов, включенных в программу совещания [8]. Заслушаны и обсуждены доклады ВИЭСХа, посвященные технико-экономическому обоснованию областей применения полевых мобильных электроагрегатов централизованного электроснабжения и задачи исследований до 1990 г. Значительная группа докладов посвящена обоснованию применения силовых электропередач (электротрансмиссий) в мобильных агрегатах с автономными источниками энергии (ЧИМЭСХ, АЧИМЭСХ, ЦНИИМЭСХ, Казахский СХИ, Горский СХИ, Иркутский СХИ, НАТИ, ВИСХОМ, ВИЭСХ). Обоснованию комплекса почвообрабатывающих машин с электроприводом активных рабочих органов посвящены доклады ВИМ, ВИЭСХ, ЛСХИ, Таджикского СХИ, БИМСХ. Ряд докладов были посвящены малогабаритной мобильной технике как объектам электрификации (ВИЭСХ, ЧИМЭСХ, УНИИМЭСХ), созданию автоматизированного технологического комплекса машин для защищенного грунта (ГрузНИИМЭСХ), применению электротехнологий в мобильных процессах растениеводства (ЧИМЭСХ, ВНИПТИМЭСХ, ТНИИМСХ, ВИЭСХ), электрификации мобильных процессов в животноводстве (ЦНИПТИМЭЖ, ЛенСХИ, Иркутский СХИ, НИПТИМЭСХ НЗ, ЧИМЭСХ, МИИСП), разработке электрифицированных оросительных систем и мостовых агрегатов (УНИИМЭСХ, ВИЭСХ); созданию системы электрооборудования для мобильных сельскохозяйственных электроагрегатов (ЧИМЭСХ, Иркутский СХИ, Горский СХИ).

В 1984 г. институт ВНИИТЭИСХ издал аналитический обзор «Электрификация мобильных процессов в сельском хозяйстве», авторами которого являются ученые ВИЭСХ [7]. В обзоре также проанализированы материалы совещания в г. Челябинске. Часть материалов совещания опубликована в журнале «Механизация и электрификация сельского хозяйства» [13, 14]. В рекомендациях совещания отмечено, что электрификация мобильных процессов позволяет интенсифицировать технологические процессы в растениеводстве и животноводстве; повысить производительность и улучшить условия труда при снижении энергетических затрат; создать условия для повышения энергонасыщенности мобильных средств благодаря оснащению их перспективными системами отбора мощности и передачи к рабочим органам; снизить

металлоемкость агрегатов; создать предпосылки для широкого внедрения автоматизации процессов в растениеводстве; решить некоторые социальные и экологические проблемы; резервировать электроснабжение сельскохозяйственных потребителей в экстремальных условиях. Признаны наиболее целесообразными следующие направления развития научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ: 1) создание научных основ построения мобильных энерготехнологических систем для растениеводства с автономным и централизованным энергоснабжением; 2) разработка научных основ проектирования и изготовления электрооборудования для мобильных агрегатов; обоснование новых машин, реализующих преимущества электрификации мобильных процессов (разработка агротехнических требований, новых рабочих органов со встроенными и совмещенными электроприводами).

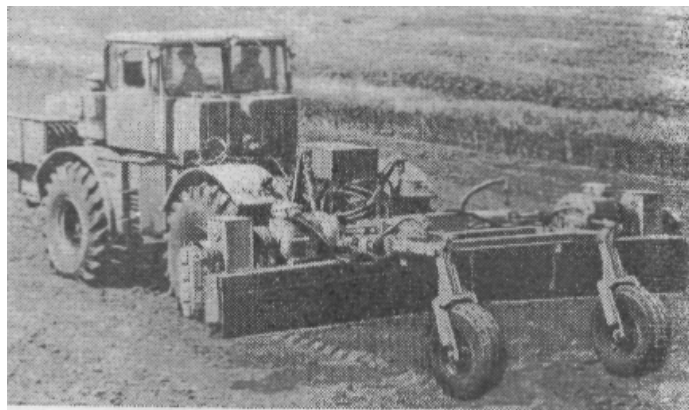
В 1984 г. издан тематический сборник научных трудов ВИЭСХ «Электрификация мобильных и стационарных процессов в растениеводстве» (том 59) [8]. В издании приведены результаты научных исследований по проблеме, проведенных в 80-е годы, и обоснование областей применения электрифицированных мобильных и стационарных процессов с учетом их технико-экономической и энергетической эффективности.

В тот период активизировались исследования по вопросам создания широкозахватных электрифицированных мостовых агрегатов в растениеводстве. ВИЭСХом как головной организацией по проблеме организовано проведение двух научно-технических совещаний в ноябре 1983 г. в Москве (ВИЭСХ) и в апреле 1984 г. во ВНИИВиВ «Магарач» (г. Ялта) [15]. В совещаниях приняли участие представители АН СССР, ВАСХНИЛ, ВИЭСХа, ВИМа, Северо-Кавказского филиала ВИМа, ВНИИВиВ «Магарач», Горского СХИ, АФИ, НПО НАТИ, НПО ВИСХОМ, Южного филиала НПО НАТИ, Новочеркасского инженерно-мелиоративного института, Грузинского СХИ, УНИИОЗа, Томского института автоматизированных систем управления и радиоэлектроники, ВНПО «Радуга», НИИКХ.

Необходимо отметить, что московское совещание служит как бы продолжением научно-методического совещания по электрификации мобильных процессов в растениеводстве и животноводстве (Челябинск, июнь 1983 г.). Цель всех совещаний – выработать единую научную концепцию по проблеме и объединить усилия занимающихся ею организаций и специалистов, уточнить технические требования к агрегатам и их параметры. Это должно способствовать разработке макетных образцов новой техники и подготовке плана дальнейших совместных работ. В принятых решениях отмечены перспективность и возрастающая активность применения широкозахватных электрифицированных и автоматизированных агрегатов мостового типа. Они наиболее перспективны при возделывании многих энергоемких культур, особенно в зонах орошаемого земледелия. Мостовые агрегаты позволяют существенно интенсифицировать возделывание сельскохозяйственных культур, использовать индустриальные, энерго- и трудосберегающие, почвозащитные и экологически чистые технологии.

Для повышения эффективности и результативности исследований было признано крайне необходимым объединить усилия организаций и специалистов, ведущих работы по проблеме, подготовить проект программы научно-исследовательских работ до 1990 и 2000 гг., создать координационный совет при ВАСХНИЛ, обеспечить работы финансированием и привлечь к их выполнению объединение промышленных министерств: Минсельхозмаша, Минэлектротехпрома и др.

Рис. 3. Мобильное энергетическое средство на базе трактора К-701



Результаты обобщения исследований позволили сформулировать основные принципы построения мостовых агрегатов: они должны быть фронтального действия; предусматривать возможность минимальной обработки почвы, применения комбинированных рабочих органов, сведения к минимуму тяговых усилий на перемещение и привод активных рабочих органов; скорости движения агрегатов должны соответствовать агротехническим требованиям и обеспечивать повышение производительности труда при перспективных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур (средняя скорость 4 км/ч), ширина агрегатов должна быть кратна 3–4 м, но не менее 12 м.

Для эффективного использования агрегатов мостового типа необходимо разработать новые перспективные технологии производства.

В связи с расширением объема орошаемых земель и созданием перспективной оросительной техники, особое значение приобрели работы по созданию полностью электрифицированных широкозахватных дождевальных машин с централизованным электроснабжением (в частности, машин фронтального и кругового действия типа «Кубань–Э» и «Кубань–ЛК»). В этих исследованиях в 1985–1990 гг. принимали участие организации Госагропрома СССР (ВИЭСХ), Минводхоза СССР (ВНПО «Радуга», г. Коломна Московской области), Минсудпрома СССР (ЦНИИ судовой электротехники г. Ленинград) [23].

Опыт применения электрифицированных широкозахватных многоопорных дождевальных машин с централизованным электроснабжением обобщен на Всесоюзном научно-техническом семинаре «Опыт электрификации сельского хозяйства на основе ускорения научно-технического прогресса» (г. Тернополь, май 1987 г.). Рекомендациями семинара признано необходимым активизировать поисковые работы по созданию электрифицированных мобильных агрегатов для растениеводства.

В 1960 – 80-е годы ВИЭСХом проводились исследования по созданию мобильных электрифицированных агрегатов автономного способа питания – самоходных агрегатов, у которых вся или часть энергии, вырабатываемой двигателем внутреннего сгорания (как правило, дизельным), превращается в электрическую.

В СССР мобильные электроагрегаты для полеводства создавались на базе гусеничных тракторов типа С-80 и ДТ-54, колесных тракторов типа МТЗ-50 и самоходного комбайна типа СК-4. Это электрифицированные жатвенные многосекционные агрегаты, почвообрабатывающие агрегаты с ротационными рабочими органами, агрегаты с многодвигательным электроприводом сложных сельскохозяйственных машин (сенокосилки, комбайны, самоходные шасси с комплектом электрифицированного ручного инструмента и т. д.) [22].

В 1980-е годы ВИЭСХом совместно с ВИМом разработано мобильное энергетическое средство на базе трактора К-701 с электрической системой отбора мощности (МЭС) (рис. 3). Оно используется в комплексе мобильных сельскохозяйственных ма-

шин с электроприводом активных рабочих органов (почвообрабатывающих, кормоприготовительных, уборочных и т.п.), а также на транспортных работах с использованием прицепов с активной осью. МЭС может применяться и в качестве мобильного источника резервного электроснабжения стационарных сезонных сельскохозяйственных потребителей (насосных станций оросительных систем, дождевальных установок, пунктов по очистке и сушке зерна, кормоприготовительных агрегатов и т.п.), строительных площадок и др. В состав МЭС кроме трактора входит синхронный электрогенератор трехфазного переменного тока мощностью 200 кВт напряжением 400 В, система обеспечения электробезопасности, система управления, комплект силовых и контрольных кабелей. МЭС прошло испытания и эксплуатировалось с экспериментальными сельскохозяйственными машинами с электроприводом активных рабочих органов (комбинированный почвообрабатывающий агрегат фрезерного типа с шириной захвата 5,6 м для обработки тяжелых почв). В 1980-е годы МЭС в качестве резервного источника электроснабжения участвовало в учениях войск гражданской обороны в Молдавской ССР [37].

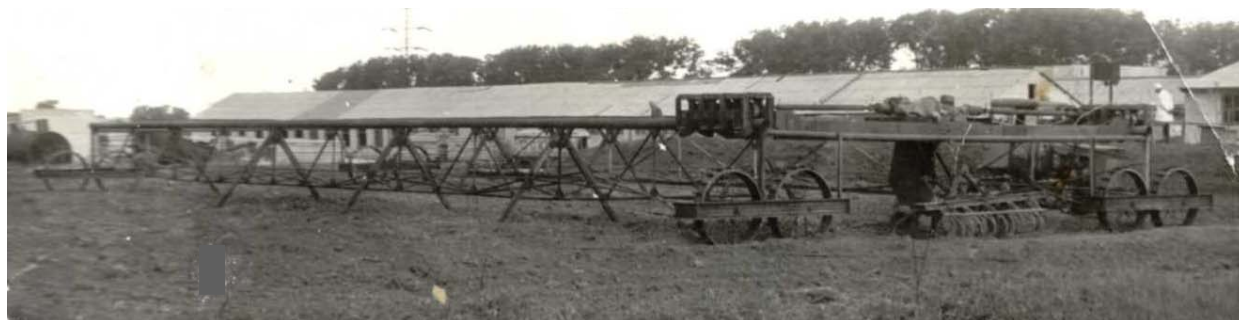


Рис. 4. Широкозахватная АМС открытого грунта

В 80-е и начале 90-х годов прошлого столетия активно выполнялись НИОКР электрифицированных растениеводческих систем (ЭРС) индустриального типа, близких по структуре, режимам работы оборудования к крупным промышленным комплексам: агромостовые системы (АМС), комплексы «Стационар» и др. Мостовая система обеспечивает снижение уплотнения почвы ходовыми частями сельскохозяйственной техники, выполнение агроприемов в требуемые сроки независимо от влажности и несущей способности почвы, операций, недоступных тракторной технике, высокую технологичность режимов, возможность комплексной автоматизации производства, снижение деградации природной среды, повреждаемости растений, затрат труда, повышение урожаев [14]. Комплексы "Стационар" предусматривают вывоз всей скашиваемой массы урожая зерновых, семенников трав или риса на специально оборудованную площадку для доводки до кондиции и обмолота в стационарных условиях, обеспечивают независимость уборки от погодных условий, сокращение потерь (от недозревания и транспортных) и повышение качества зерна, сбор половы и кормов [11]. Растениеводческие системы индустриального типа могут использовать при выполнении технологических операций большое число рабочих машин установленной мощностью 500 кВт и более. В качестве образцов испытанных АМС классического типа (самодвижущаяся на ходовых тележках ферма, на которой размещены рабочие органы) приведем широкозахватную систему открытого грунта для работы на картофельном поле – 1990 г., Горский СХИ (рис. 4), тепличные комплексы: для

выращивания цветов – 1989 г., ГрузНИМЭСХ (рис. 5) [27]. В ходе испытаний АМС оценивались особенности, режимы работы элементов, технологическая эффективность рабочих органов (РО), характеристики электроприводов (ЭП), силовые воздействия на элементы конструкции и др., а также определялись технико-экономические характеристики системы и активных рабочих органов [27].

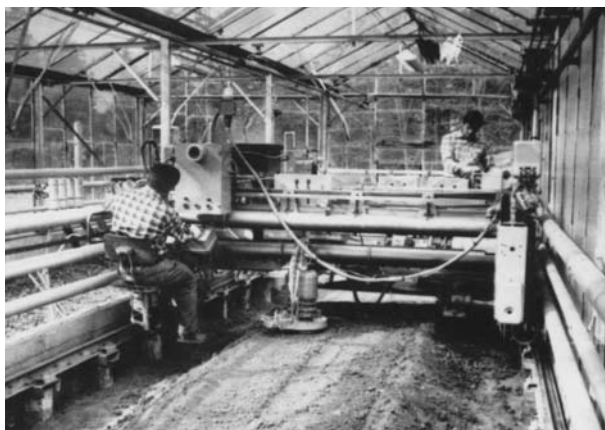


Рис. 5.
Тепличная АМС



Рис. 6. Автоматизированная растениеводческая система на базе дождевальной машины типа «Кубань–Э2»

На базе серийных самоходных многоопорных широкозахватных дождевальных машин (ДМ) фронтального действия типа «Кубань–Э2» разработана автоматизированная растениеводческая система (рис. 6), в которой мобильная ДМ используется не только для орошения, но и как передвижной источник электроэнергии для автономных универсальных рабочих агрегатов (РА) с тяговыми электродвигателями мощностью 70 кВт. Агрегаты перемещались челночным ходом поперек направления движения ДМ по обе стороны оросительного канала. Как универсальная сельскохозяйственная машина РА был сконструирован из гусеничного тягового модуля (двигатель трактора ДТ–75) и навесной платформы трактора Т–150 с РО. Навесная платформа РА обеспечивала за один проход глубокое рыхление, предпосевную (фрезерную) обработку почвы, выравнивание поверхности поля, посев семян культур с внесением в рядки минеральных удобрений и прикатывание засеянных рядков. Нетрадиционной была система электроснабжения комплекса, включающая последовательные линии электропередачи различных исполнений: воздушная 10 кВ (от питающей ЛЭП до обрабатываемого поля); подземная кабельная 10 кВ (от Л1 до трансформаторной подстанции (ТП) 10/0,69 кВ, 250 кВт·А); гибкий кабель 0,69 кВ, проложенный в канале с водой (от ТП 10/0,69 кВ до ДМ «Кубань–Э»); трехфазные открытые троллейные линии, выполненные фигурным контактным проводом по стойкам на крыльях ДМ; токосъемная каретка и гибкий кабель на поворотной кабельной мачте на РА (от ДМ до РА). Первые три линии – фрагменты штатной схемы электроснабжения ДМ «Кубань–Э2», остальные – были разработаны специально [17].

В качестве испытанных образцов комплексов «Стационар» можно привести комплексы для обработки урожая семенников трав во влажных регионах – 1991 г., опорный пункт ВИМ, пос. Виесити, Латвия (рис. 7) и комплекс «Невейка» для обработки зерновых – 1992 г., опорный пункт ВИМ, г. Армавир (рис. 8).

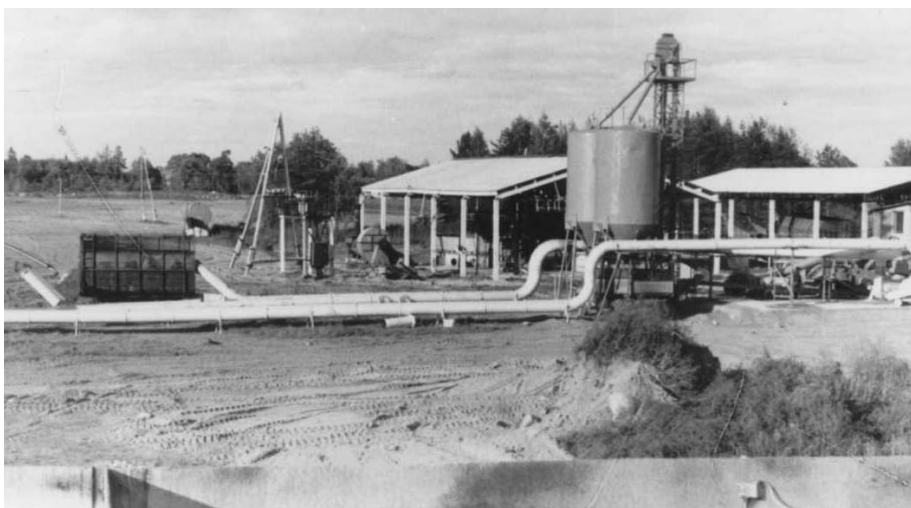


Рис. 7. Комплекс «Стационар» для обработки урожая семенников трав во влажных регионах

Рис. 8. Комплекс «Невейка»



Испытания показали высокие технические характеристики образцов ЭРС. Однако работы по внедрения подобных систем в связи с изменившимися условиями работы и производства довести до конца не удалось.

В ходе испытаний АМС, комплексов «Стационар», ЭРС на базе ДМ было выявлено, что их ЭП значительную часть времени работают в динамических режимах (частые пуски, остановки, реверсы, изменения нагрузок, нестабильное напряжение), их работа в реальных специфических условиях агропроизводства (многообразие машин технологических линий, различные характеристики нагрузки, сезонность работы, малый годовой коэффициент использования оборудования и др.) не всегда была удовлетворительной. Эти ЭП были построены на базе короткозамкнутых асинхронных двигателей (АД) и релейно-контакторных схем управления. Хотя АД имеют высокий КПД, в составе ЭП они не всегда обладают высокой энергетической и функциональной эффективностью. В отдельных опытах, например при прямом пуске двигателя молотильного агрегата комплекса «Стационар» (мощность 165 кВт), фиксировались «опрокидывания» других ЭП и нарушения технологического процесса из-за просадки напряжения (до 50% от номинального). Были выявлены и другие ограничения таких ЭП при применении в конкретных устройствах. Так, эти ЭП сложно использовать как многофункциональные устройства при работе с комплектами сменных рабочих органов и др. Поэтому совместно с МЭИ и ЗВИ были изготовлены и испытаны

ны образцы комплектных ЭП на основе АД общепромышленных серий и тиристорных преобразователей частоты (ТПЧ–АД) и преобразователей напряжения (ТПН–АД). Системы ТПЧ–АД, имея неоспоримые преимущества по энергетическим и функциональным показателям, экономически целесообразны для установок, требующих сравнительно точного воспроизведения координат заданного движения. Хорошо адаптируемыми к многообразию условий работы в агропроизводстве для использования на распространенных в сельском хозяйстве механизмах: на вентиляторах, центробежных насосах, воздуходувках, компрессорах, универсальных прессах и др. были признаны ЭП ТПН–АД (тиристорно-контакторная схема) [19]. Испытания показали, что перспективным направлением повышения эксплуатационной надежности и эффективности ЭРС является реализация режимов управления оборудованием, резко снижающая электромагнитные, тепловые и механические нагрузки систем в переходных и установившихся режимах, что упрощает защиту и диагностику как электрической, так и механической частей ЭП.

Рис. 9. Опытный образец высоковольтного электроимпульсного культиватора



В ВИЭСХе проводились исследования электрофизических методов уничтожения сорняков, основанные на использовании энергии высоковольтных импульсных воздействий: уничтожение в почве жизнеспособных органов размножения растений, уничтожение всходов и взрослых сорных растений (рис. 9). В результате этих исследований были разработаны новая экологически чистая технология и новые энергоэффективные технические средства электроимпульсного уничтожения сорняков, в которых с целью повышения эффективности уничтожения сорняков и снижения затрат энергии впервые были применены модульная конструкция источника электроснабжения и секционирование электродной системы рабочих органов. На базе трактора МТЗ–82, совместно с Брянской ГСХА был разработан, изготовлен на Брянском опытном заводе «Эталон» опытный образец высоковольтного электрокультиватора (рис. 7), который на заводских и межведомственных испытаниях в опытном хозяйстве Брянской ГСХА, на полях сахарной свеклы Белгородской области, лесопитомниках в Карелии показал высокую эффективность истребления сорных растений [36].

Современные тренды развития агропроизводства рассматривают агроботы (АР) как необходимый и ответственный компонент систем реализации новейших индустриальных агротехнологий (системы программируемого урожая, точного земледелия, геоинформационные и т.д.), а также используемый для выполнения работ при негативных для человека воздействиях (сфера защиты растений, обработка семян, вредные препараты и т.д.), для замены тяжелого низкопроизводительного неквалифицированного труда (прополка, уничтожение сорняков, сбор урожая и др.). Исследование подобных устройств является одним из направлений работы лаборатории в настоящее время.

Мощные АР в растениеводстве традиционно создаются на транспортных базах существующих мобильных агрегатов (тракторов, комбайнов и др.) с применением тя-

гового традиционного (на жидком топливе) либо гибридного привода [28], средств автовождения, навигации и управления. Главное ограничение мощных АР – использование жидкого топлива и ухудшение экологической обстановки в зоне их действия. Попытки полностью электрифицировать эти АР пока не увенчались успехом.

В настоящее время за рубежом начали создавать компактные мобильные АР для выполнения монотонных и трудоемких операций в поле, в тепличных условиях, реализуемые в виде самодвижущихся транспортных баз, оснащенных рабочими органами, средствами навигации, управления движением и работой, технического зрения, коммуникации [29, 30]. Недостатками таких АР являются дорогой тяжелый и громоздкий аккумулятор, ограничение использования для энергоемких технологических операций (обработка почвы и др.), частые подзарядки аккумулятора.

Еще одним классом АР являются агроустовые системы. Эти полностью электрифицированные системы успешно используются в тепличном земледелии, но требуют наличия в непосредственной близости источника электроснабжения.

Для АР сегодня актуальны задачи надежного и экономичного электроснабжения АР, управления их движением и навигация. Простой перенос и адаптация технических решений этих задач из других областей техники в агропроизводство, функционирующее в специфических тяжелых режимах работы, условиях эксплуатации и обслуживания, без существенной доработки и доводки неэффективен или невозможен.

Практически безальтернативной системой электроснабжения АР является разрабатываемая в ВИЭСХ на основе теории Н. Теслы система передачи электроэнергии по однопроводниковой (волноводной) линии, работающей в резонансном режиме при напряжении 0,5–500 кВ частоте 0,1–100 кГц [31–35]. Схема беспроводного питания АР предусматривает подачу электрической энергии от источника через высоковольтный высокочастотный преобразователь и однопроводниковую линию к токоприемнику на борту АР через воздушный промежуток между однопроводниковой линией, проложенной в почве, и токоприемником на днище робота. Поскольку трасса прокладки однопроводниковой волноводной линии, как правило, совпадает с маршрутом перемещения АР, однопроводниковая линия может упростить и удешевить решение задач навигации и управления. Наличие явления стоячих волн при резонансной передаче электроэнергии позволяет обеспечить привязку трассы прокладки однопроводникового кабеля к ориентирам на местности и определить местонахождение объекта относительно трассы движения достаточно точно [31–35].

Заключение

Решение научных и прикладных проблем электрификации мобильных и стационарных процессов растениеводства являлось и является приоритетным направлением деятельности ВИЭСХ с момента его создания и по настоящее время. Результаты исследований, выполненных ВИЭСХ совместно с другими научными и промышленными предприятиями–соисполнителями, в настоящее время и в ближайшей перспективе позволяют создать для реализаций новейших агротехнологий:

– мобильные электротехнологические системы с автономным или централизованным энергоснабжением и применением комплектов мобильных технологических агрегатов с электроприводом активных рабочих органов для растениеводства;

– мобильные энергетические средства на базе энергонасыщенных тракторов с электрической системой отбора мощности, а также с использованием электрохимических источников тока;

разработать:

– комплекты мобильных технологических агрегатов и машин с кабельным питанием для животноводства, погрузочно-разгрузочных работ и малогабаритных мобильных электрифицированных машин для опытных, селекционных, пришкольных участков, личных подсобных хозяйств и др.;

– технические средства технического сопровождения технологических процессов мобильных электротехнологических систем (систем управления, навигации, технического зрения и др.).

Применение полевых мобильных электроэнергетических средств с централизованным электроснабжением эффективно при возделывании энергоемких, многолетних и трудоемких культур на полях, прилегающих к районным трансформаторным подстанциям, а также на орошаемых полях, где для насосных станций имеются электрические сети, а подключение к ним мобильных электроагрегатов улучшит показатели использования этих сетей.

Внедрение мобильных электроагрегатов выдвигает ряд технико-экономических и научных проблем, связанных с разработкой конструкций агрегатов и способов их электроснабжения. Поэтому работы в этой области должны быть продолжены и вестись в направлениях:

- создания мобильных электроэнергетических средств и электрифицированных машин с активными рабочими органами на основе электропривода и электротехнологий;
- изыскания путей и возможностей снижения затрат на систему электроснабжения за счет оптимизации систем напряжения, включая полевые подземные кабельные сети;
- улучшения конструкций гибкого кабеля и оптимизации его длины, облегчения конструкций воздушных линий 10 и 35 кВ, питающих полевые сети;
- внедрения новых способов передачи электроэнергии (резонансная однопроводниковая система);
- внедрения новейших технологий управления технологическими процессами, средств навигации и управления движением мобильных электрифицированных агрегатов, средств технического зрения и т.п.

Развитие мобильных электрифицированных агрегатов связано с созданием специальной системы электрооборудования. Требуется разработка научных основ проектирования и структуры электрической части мобильных энергетических средств и технологических агрегатов и их рабочих органов, новых типов электроприводов, типовых звеньев системы электрооборудования с учетом особенностей их эксплуатации (генераторы, преобразователи частоты, электродвигатели, кабельные изделия и др.).

Эффективность мобильных электрифицированных агрегатов зависит от применения новых машин, реализующих преимущества электрификации мобильных технологических процессов, создания новых прогрессивных технологий и рабочих органов со встроенными и совмещенными электроприводами и применением технических средств прямого использования энергии электромагнитных полей.

Практика применения электрифицированных дождевальных машин показала их заметные преимущества и выявила необходимость совершенствования их систем электроснабжения.

В ряде случаев перспективно применение электрифицированных и автоматизированных широкозахватных технологических агрегатов мостового типа для растениеводства, в том числе с применением робототехники.

Значительное сокращение трудовых ресурсов может быть получено при использовании электрифицированных средств малой механизации в виноградарстве, садоводстве, овощеводстве, чаеводстве, цитрусоводстве, а также в приусадебных и крестьянских (фермерских) хозяйствах и др.

Литература

1. *Иосифьян А.М.* Вопросы электропахоты. Ереван: Изд-во Академии наук Армянской ССР, 1952. – 71 с.
2. *Смирнов С.* Результаты опытов электропахоты 1930 года // Электрификация сельского хозяйства. 1931. №5. С. 46–54.
3. *Стеценко В.Г.* Электрификация мобильных процессов полеводства // Научные труды по электрификации сельского хозяйства: Научные основы электрификации сельского хозяйства. Под ред. П.Н. Листова. Том XX. М.: ВИЭСХ, 1967. С. 261–300.
4. *Листов П.Н.* Применение электроэнергии в сельском хозяйстве // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. 1967. №7. С. 2–6.
5. *Листов П.Н.* Основные направления научных исследований в области электрификации мобильных процессов в сельском хозяйстве // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. 1969. №10. С. 4–7.
6. Электротехнические средства для выполнения мобильных работ в сельском хозяйстве: Сборник статей. М.: ВИЭСХ, 1969. Часть 1. – 158 с.; часть 2. – 108 с.
7. *Молоснов Н.Ф., Гришин М.Д., Акимов А.С.* Электрификация мобильных процессов в сельском хозяйстве. М.: ВНИИТЭИСХ, 1984. – 64 с.
8. *Мусин А.М., Молоснов Н.Ф., Максимова А.Г., Топорков В.Н.* Обоснование областей применения и технико-экономическая эффективность полевых мобильных электроагрегатов с централизованным электроснабжением // Электрификация мобильных и стационарных процессов растениеводства. Научные труды. Том 59. М.: ВИЭСХ, 1983. С. 3–16.
9. *Конечный В.П., Молоснов Н.Ф., Османов П.Ф.* Централизованное электроснабжение электрифицированных дождевальных машин типа «Кубань» // Электроснабжение потребителей сельского хозяйства. Научные труды. Том 69. М.: ВИЭСХ, 1998. С. 38–49.
10. *Остапов И.С., Городничев В.И., Молоснов Н.Ф.* и др. Электроснабжение дождевальных машин типа «Кубань». М.: ЦБНТИ Минводхоза СССР, 1988. – 15 с.
11. *Стребков Д.С., Усаковский В.М., Молоснов Н.Ф.* Перспективы внедрения электрифицированных систем в растениеводстве // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 1998. №3. С. 25–27.
12. *Жалнин Э.В., Муфтеев Р.С.* История развития и перспективы внедрения мостового растениеводства // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2002. №5. С. 23–30.
13. Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1984. №2 (Мобильные электроагрегаты).
14. Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1985. №2 (Мостовые агрегаты).
15. Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1985. №4.
16. *Епишков Н.Е., Лебедев С.П.* Электрификация мобильных агрегатов – база ускорения научно-технического прогресса // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. 1980. №4. С. 26–27.

17. *Королев В.А., Османов П.Ф., Арзамасцев В.Ю., Стрижков И.Г.* Рабочий орган автоматизированного комплекса на базе дождевальной машины // *Техника в сельском хозяйстве*. 1992. №2–3. С.16–18.
18. *Муфтеев Р.С., Королев В.А., Топорков В.Н.* Пусковые режимы электроприводов мостовых агрегатов // *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. 1997. №12.
19. *Королев В.А., Анисимов В.А., Киселев А.В., Чуев Г.И.* Повышение эффективности использования электроприводов // *Техника в сельском хозяйстве*. 1991. №1. С. 21–23.
20. *Королев В.А., Османов П.Ф., Рожанковский Ю.В., Коваленко А.Я.* Автоматизированная система полива в теплицах // *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. 1995. №2–3. С. 18–20.
21. *Королев В.А., Топорков В.Н., Усаковский В.М.* Энергосберегающие технологии в растениеводстве // *IV Симпозиум «Электротехника 2010 год. Наука. Производство. Рынок»*. Сборник докл. Том II, часть 2. М.: ВЭИ, ТРАВЭК, 1997. С. 316–319.
22. *Буромский В.И.* Агрегаты автономного питания для электрификации работ в полеводстве // *Научные труды по электрификации сельского хозяйства*. Том XX. М.: ВИЭСХ, 1967. С. 316–328.
23. *Стеценко В.Г.* Вклад ВИЭСХ в развитие электрификации растениеводства // *Энергетика и электромеханизация сельского хозяйства*. Научные труды. Том 87. М.: ВИЭСХ, 2000. С. 147–160.
24. *Мурадян А.Е., Волосатов О.П.* Технические средства для электроснабжения полевых агрегатов // *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. 1984. №2. С. 27–31.
25. *Листов П.Н.* Электрификация мобильных процессов в растениеводстве // *Перспективы развития электрификации сельского хозяйства и электромеханизации животноводства*. Научные труды. Том 51. М.: ВИЭСХ, 1980. С. 23–31.
26. *Назаров Г.И.* Развитие науки и практики электропривода в сельском хозяйстве // *Итоги и перспективы развития сельскохозяйственной науки в СССР*. М.: Колос, 1969. С. 678–684.
27. *Королев В.А., Кобаидзе К.Г.* Экспериментальные исследования элементов электрифицированных агрегатов // *Техника в сельском хозяйстве*. 1991. № 5. С. 47–49.
28. *Флоренцев С.Н., Изосимов Д.Б., Усс И.Н., Макаров Л.Н.* Серебряная медаль международной сельскохозяйственной выставки AGRITECHNICA–2009 – трактору с электромеханической трансмиссией переменного тока // *Электротехника*. 2010. №1. С. 43–49.
29. Efficient robots for precision farming [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fieldrobot.nl>, свободный. – Загл. с экрана.
30. *Роботизированные системы в сельскохозяйственном производстве: научно-аналит. обзор*. М.: ФГНУ «Росинфорагротех», 2009. – 136 с.
31. *Стребков Д.С., Некрасов А.И., Авраменко С.В., Сахаров Д.Н.* Способы электроснабжения мобильных средств сельскохозяйственного назначения // *Электрификация сельского хозяйства*. Научные труды. Том 88. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2002. С. 74–82.
32. *Стребков Д.С., Авраменко С.В., Некрасов А.И.* Система электроснабжения мобильных электроагрегатов // *Приводная техника*. 2000. №4(26). С. 32–33.
33. *Стребков Д.С., Авраменко С.В., Некрасов А.И.* Однотроллейная система электроснабжения мобильных электроагрегатов // *Автоматизация производственных процессов в сельском хозяйстве*. Материалы научн.-техн. конференции (7–9 июня 2000 г., г. Минск). Минск, 2000. С. 65–66.
34. *Стребков Д.С., Некрасов А.И.* Резонансные методы передачи и применения электрической энергии. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2008. – 351 с.
35. Патент РФ № 2332824. Система управления движением мобильного подвижного сельскохозяйственного объекта / *Д.С. Стребков, В.А. Королев, А.Ю. Фельдшеров, А.И. Некрасов, В.А. Польский, Л.Н. Борзина* // *БИ*. 2008. № 25.
36. *Бан А.Г., Нуриев З.К., Топорков В.Н.* Электрооборудование высоковольтного импульсного культиватора // *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. 1990. №10. С. 39–40.
37. *Молоснов Н.Ф., Курица Б.И.* Мобильный резервный источник электроснабжения на базе трактора К-701 с электрической системой отбора мощности // *Энергетик*. 1983. №2. С. 28–29.

АЛГОРИТМ И ПРОГРАММА РАСЧЕТА ОБЛУЧАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК С ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИМИ ИСТОЧНИКАМИ ДЛЯ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА

Доктор техн. наук А.К. Лямцов, канд. техн. наук В.В. Малышев
(ГНУ ВИЭСХ)

В данной статье рассматриваются вопросы проектирования и нормирования облучательных установок (ОУ) с использованием современного программного обеспечения при выборе оптимального расположения световых точек.

Для выбора эффективных кривых сил света (КСС) и расстановки облучателей над рабочими площадями теплиц разработана методика компьютерных расчетов, которая позволяет обосновать требуемую мощность ламп для использования облучателей на разных высотах подвеса и удельные мощности ОУ.

При выборе мощности для больших освещаемых площадей и высот подвеса (более 4 м) предпочтительнее использовать облучатели с натриевой лампой высокого давления (НЛВД) мощностью 600 Вт; для малых и узких освещаемых площадок и низких высот подвеса менее 2,0 м рекомендуется использование НЛВД мощностью 400 Вт [1].

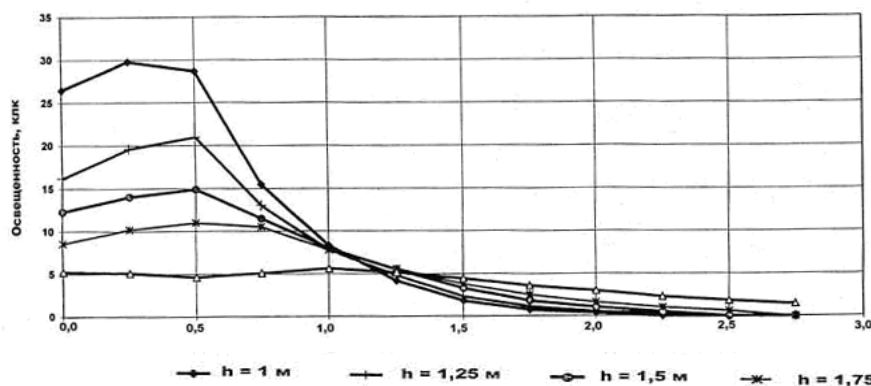


Рис. 1. Экспериментальное распределение горизонтальной освещённости для светильника ЖСП48-600 при разных высотах подвеса h :

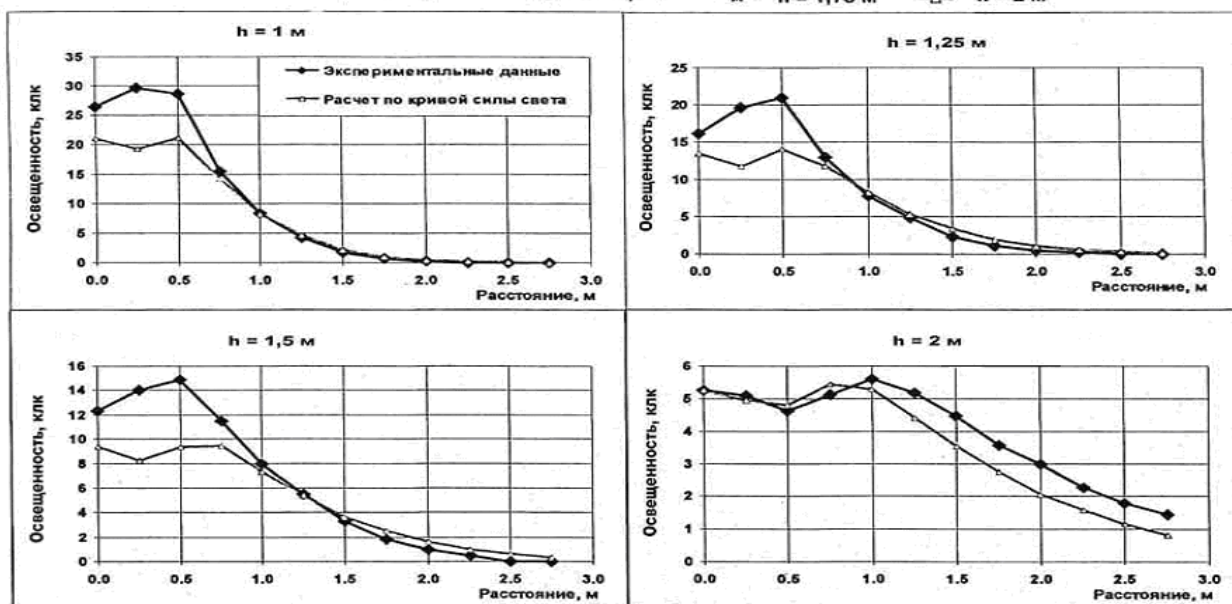


Рис. 2. Экспериментальные и расчетное распределение освещённости под ОУ при разных высотах подвеса h

На рис. 1 приведено экспериментальное распределение элементарной освещенности для облучателя ЖСП 48-600 при разных высотах подвеса [2, 3].

На рис. 2 приведены экспериментальные и расчетные распределения освещенности от облучателя ЖСП 48-600 для разных высот подвеса.

Для рассадных отделений теплиц особенностью являются высокие уровни освещенности (5–15 клк) и малые высоты подвеса светильников – от 0,5 до 3,5 м.

Последнее обстоятельство не позволяет использовать традиционные методы светотехнических расчетов, когда расстояние от излучателя до приемной поверхности велико, и можно пользоваться законом квадратов расстояний.

В зависимости от типов облучателя и источника ОИ, вида оптической системы, габаритных размеров излучателя степень расхождения расчетных и экспериментальных данных может быть различной.

Для удобства компьютерных расчетов использован традиционный метод расчета с использованием КСС облучателей и закона квадратов расстояний, однако КСС облучателя была подвергнута следующей корректировке: имея каталожные или экспериментальные данные о распределении освещенности того или иного типа облучателя для определенной высоты подвеса h , строим такую КСС фиктивного точечного излучателя, которая обеспечивала бы точно такое же распределение освещенности при данной высоте подвеса. Построение такой «фиктивной» КСС осуществляется путем элементарного пересчета по формулам квадратов расстояний:

$$I_{\alpha_A, h_i} = E_A \times (h_i^2 + d_A^2)^{3/2} / h_i; \quad (1)$$

$$\alpha_A = \arctg(d_A / h_i), \quad (2)$$

где I_{α_A, h_i} – сила света облучателя по направлению угла α_A в точку А, кд; E_A – освещенность в точке А, лк; h_i – высота подвеса облучателя, м; d_A – расстояние до точки А от нормали к поверхности из центра лампы в облучателе, м.

Современная светотехника уже немыслима без использования в своих расчетах специализированных компьютерных светотехнических программ: DIALUX (Германия), Light-in-Night (Россия), Ulysse (Бельгия) и т.п.

Ключевым критерием выбора светотехнической программы является ее способность качественно проводить расчет светотехнических параметров, значение которых по точности расчета должны удовлетворять светотехническим критериям и не вносить дополнительной ошибки.

Как известно, проектирование ОУ предполагает в первую очередь знание геометрических параметров освещаемой поверхности. Применительно к нашей задаче был выбран модуль с $A = 1000 \text{ м}^2$ ($20,6 \times 48 \text{ м}^2$), достаточно часто используемый для выращивания рассады и последующей светокультуры. Из общих соображений ясно, что уровень освещенности и ее распределение по освещаемой поверхности определяются, в основном, параметрами источника света, количеством облучателей, формой КСС и КПД облучателей, а также их размещением, характеризуемым высотой подвеса от поверхности почвы, расстояниями между облучателями в ряду и самими рядами.

Принципиально задавшись некоторыми дополнительными условиями, можно для определенной освещаемой поверхности рассчитать эффективную КСС облучателя. Од-

нако эта задача относится к категории весьма сложных и требует разработки специального программного обеспечения.

В нашем случае целесообразно было пойти по пути адаптации к нашей задаче существующей программы для расчета освещенности (например, DIALUX).

На рис. 3 приведен алгоритм при экспресс-проектировании системы освещения теплиц на заданный уровень освещенности.

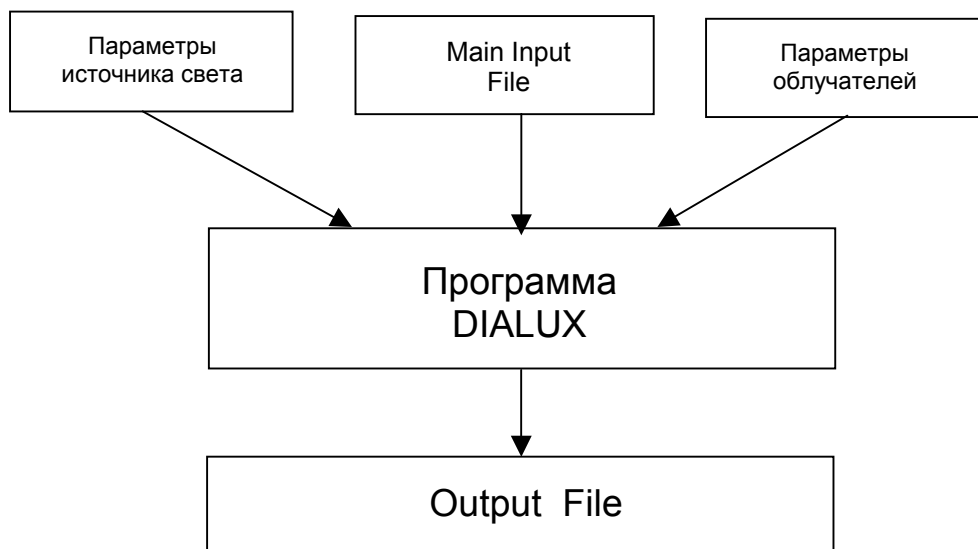


Рис. 3. Алгоритм при экспресс-проектировании системы освещения теплиц на заданный уровень освещенности

Выбор координат световых точек и наивыгоднейшей высоты подвеса h с обеспечением минимальной удельной мощности ($P_{вд}$) осуществляется на ПК по габаритным размерам рабочей площади модуля теплицы, по условно выбираемым $E_{норм}$, $K_{норм} = E_{мин}/E_{ср}$ и известной КСС облучателя, заданной аналитическим выражением или в табличном виде. Результатами расчетов являются координаты и высоты расположения облучателей, их количество, коэффициенты неравномерности, а также полное расчетное поле освещенности теплицы. Исходными значениями являются $P_{вд}$, $E_{норм}$, $K_{норм}$ и h .

Результаты компьютерного расчета ОУ с облучателями ЖСП 48-600 приведены в табл. 1, результаты расчета и измерения световых и энергетических параметров высокоэффективных ОУ – в табл. 2.

Для выращивания рассады на грунте и зеленых культур на стеллажах в любой световой зоне РФ наивыгоднейшими являются ОУ с металло-галогенными лампами (МГЛ) и НЛВД при уровнях $P_{вд} = 50 \div 100 \text{ Вт/м}^2$, а для ведения светокультуры растений в промышленных теплицах и для стеллажного выращивания рассады овощных культур – при $P_{вд} = 150 \div 200 \text{ Вт/м}^2$, по которым и рекомендуется выбирать тип трансформаторной подстанции, сечение и материал силового кабеля и т.п. При этом надо заметить, что нельзя отказываться от использования облучателей с лампами ДРИ 1000-6, ДРИ 2000-6, несмотря на относительно низкий срок службы (~ 3000 ч), так как они обладают благоприятным спектром для большинства растений (например, огурец) и остаются востребованными селекционерами для ОУ с меньшим числом световых точек или в смешанных ОУ с НЛВД. Рекомендуемый ряд нормируемых $P_{вд}$ состоит из 50–100, 100–150, 150–200 Вт/м^2 [4, 5].

Таблица 1. Результаты расчета ОУ со светильниками ЖСП 48-600 для светокультуры растений с $E_{норм1} = 12000$ лк и $E_{норм2} = 6000$ лк на площади ~ 1000 м² (20,6 × 48)

Высота, h, м	Количество облучателей в ряду	Расстояние между облуч.	Количество облучателей, шт.	$\Sigma P_{л}$, Вт	$P_{уд}$, Вт/м ²	$E_{макс}$, лк	$E_{ср}$, лк	$E_{мин}$, лк	$E_{мин}/E_{макс}$, %	$E_{мин}/E_{ср}$, %
<i>Включены все светильники</i>										
0,5	23	2,1	207	124200	125,6	47319	12378	1035	2,2	8,4
0,75	23	2,1	207	124200	125,6	21691	12290	4490	20,7	36,5
1	23	2,1	207	124200	125,6	13873	12183	8993	64,8	73,8
1,25	23	2,1	207	124200	125,6	13217	12134	11269	85,3	92,9
1,5	23	2,1	207	124200	125,6	13001	12125	11348	87,3	93,6
2	23	2,1	207	124200	125,6	12636	12117	11835	93,7	97,7
2,5	23	2,1	207	124200	125,6	12430	12069	11766	94,7	97,5
3	23	2,1	207	124200	125,6	12282	11979	11451	93,2	95,6
3,5	23	2,1	207	124200	125,6	12163	11847	11045	90,8	93,2
3,5*	23	2,1	207	82800	83,7	7432	7239	6749	90,8	93,2
<i>В ряду, через один, светильники выключены</i>										
2,2	12	4,2	108	64800	65,5	6298	6033	5681	90,2	94,2
3	12	4,2	108	64800	65,5	6387	5991	5533	86,6	92,4
3,5	12	4,2	108	64800	65,5	6211	5934	5505	88,6	92,8

Примечание: * – для редуцированного одновременного уменьшения мощности лампы с 600 до 400 Вт; количество рядов – 9; расстояние между рядами – 2,2 м; $P_{л}$ – мощность облучателя; $E_{макс}$ – максимальная освещенность; $E_{ср}$ – средняя освещенность; $E_{мин}$ – минимальная освещенность.

Таблица 2. Расчетные значения параметров ОУ с различными типами облучателей и ламп для площади теплиц 1000 м² (14×72 м²)

Параметр	Тип светильника				
	ЖСП 48-600	ОТ 400 МИ	ЖСП30-400	ЖСП30-600	ГСП-30-2000
	Тип ламп				
	LU-600W	ДНаЗ-350	ДНаЗ-400	ДНаЗ-600	ДРИ-2000
U _с , В	220	220	220	245	380
Ф _л , лм	84000	34000	44500	81000	200000
P _л , Вт	600	350	400	600	2000
I _л , А	6,3	3,2	4,2	5,55	9,2
U _л , В	104	117	110	110	225
H, лм/Вт	140	97	111	135	100
$\eta_{св}$, %	85	90	90	90	75
Ф _е , Вт	217	78	105	180	575
$\eta_{е}$, %	36	22	26	30	29
$\eta_{исп}$, %	90	90	90	90	90
Ф _ф , Вт	130	44	57	99	311
$\eta_{ф}$, %	22	12,5	14	16,5	16

Продолжение табл. 2

Параметр	Тип светильника				
	ЖСП 48-600	ОТ 400 МИ	ЖСП30-400	ЖСП30-600	ГСП-30-2000
	Тип ламп				
	LU-600W	ДНаЗ-350	ДНаЗ-400	ДНаЗ-600	ДРИ-2000
Ээ, лм/Вт	97,4	71,4	81,7	99,4	56,2
$P_{вд1}$, Вт/м ²	50	50	50	50	-
$N_{с1}$, шт.	84	143	125	84	-
Еср ₁ , лк	4900	3580	4100	4970	-
$P_{вд2}$, Вт/м ²	100	100	100	100	100
$N_{с2}$, шт.	168	286	250	168	50
Еср ₂ , лк	9700	7150	8190	9900	5600
Еср _{2е} , ВтФАР/м ²	23,8	17,5	20	24,2	17,1
$P_{вд3}$, Вт/м ²	150	150	150	150	150
$N_{с3}$, шт.	252	429	375	252	75
Еср ₃ , лк	14600	10700	12300	14900	8500
Еср _{3е} , ВтФАР/м ²	35,8	26,2	30,1	36,5	26
$P_{вд4}$, Вт/м ²	200	200	200	200	200
$N_{с4}$, шт.	336	572	500	336	100
Еср ₄ , лк	19500	14300	16400	19900	11250
Еср _{4е} , ВтФАР/м ²	47,8	35	40,2	48,7	34,4

Примечание: U_c – напряжение в сети; I_l – ток лампы; U_l – напряжение на лампе; $\eta_{исп}$ – коэффициент использования; $K_z = 1,1 \div 1,2$ – коэффициент запаса для НЛВД и МГЛ; $\text{Ээ} = E_{ср}/P_{вд}$ – светоэнергетическая эффективность; $E_{ср}e$ – средняя облученность ФАР при $R_{уд}i$ ОУ; Φ_e – энергетический поток ламп в области ФАР ($\Delta\lambda=400-700$ нм); Φ_ϕ – фотосинтезный поток ламп; $\eta_{св}$ – КПД светильника; η_e – энергетический КПД ламп; η_ϕ – фотосинтезный КПД ламп.

Выводы

Предложенная методика расчета энергосберегающих ОУ в теплицах может быть использована проектно-конструкторскими организациями и НИИ при создании и проектировании светотехнического оборудования для теплиц.

Литература

1. Малышев В.В. Повышение эффективности облучательных установок для теплиц. Автореферат дисс. ... канд. техн. наук. – М., 2007. – 25 с.
2. Прикупец Л.Б., Малышев В.В., Хорьков Н.А., Шахпаруняц А.Г., Лазовский М.Ю. Новый энергоэкономичный светильник ЖСП 48-600 с натриевой лампой высокого давления мощностью 600 Вт для теплиц // Светотехника на рубеже веков: достижения и перспективы. Тезисы докладов IV-й Международной светотехнической конференции. – Вологда, 2000. С. 62-63.
3. Малышев В.В. Унифицированный светильник ЖСП 48-600 для теплиц // Информационный сборник Ассоциации «Теплицы России». 2000. №3.
4. Куц О.К., Малышев В.В. Комплекс нормируемых параметров облучательных светотехнических установок для теплиц // Электротехника. 1988. №4. С. 18-20.
5. Малышев В.В., Лямцов А.К. Современная светотехника для теплиц // Автоматизация сельскохозяйственного производства. Сборник докладов Международной научно-технической конференции (29-30 сентября 2004 г., г. Углич). Часть 2. С. 457-466.

ВСЕЕДИНСТВО ЗНАНИЙ – ПУТЬ К СОХРАНЕНИЮ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

Доктор техн. наук И.И. Свентицкий, канд. техн. наук А.П. Гриппин
(ГНУ ВИЭСХ)

*Настанет время, когда весь мир будет
объят одной наукой, одной истиной, одной
промышленностью, одним братством,
одной дружбой с природой...
Это моя вера, это двигает, это крепит,
для этого стоит жить, есть что ждать.
Д.И. Менделеев*

Создание основ всеединства знаний было начато российским философом-теологом В. Соловьевым посредством объединения религиозного учения и естествознания [1]. Возможно ли обоснование естественнонаучных исходных положений теории всеединства знаний? Вера в необходимость и возможность выявления научных основ всеединства знаний, очевидно, обусловлена, прежде всего, общеизвестной простой истиной. Мир природы един, едиными должны быть знания о ней.

Первые шаги в миропонимании и познании природы человек сделал, двигаемый одним желанием, одним стремлением – выжить. Чтобы выжить и приспособиться к окружающему его миру, явлениям, в нем происходящим, наконец, чтобы эволюционировать, человек должен был наблюдать, собирать и запоминать наблюдаемое, выстраивать цепочки взаимосвязей и делать выводы. Сначала простейшие, а затем по мере накопления наблюдений, взаимосвязей, простых выводов – все более и более сложные, перерастающие в закономерности и теории.

Первым, чего коснулись познания и без чего выживание не было бы возможным, была пища. Вообще, с переходом к аграрной культуре человечество сделало первый шаг на пути к созданию нового типа общества, качественно отличающегося от предшествующих, прежде всего колоссальным ростом численности людей, которые могли бы прокормиться на той же земле. Действительно, во всех цивилизованных странах сельскохозяйственная наука по праву считается матерью всех других наук, а с учетом неизбежной смены приоритетов в ресурсном обеспечении человечества трудно усомниться в обязанности и праве сельскохозяйственной науки в ближайшей и долгосрочной перспективе занимать главенствующее положение в системе наук [2].

Вначале были единые знания и единственная наука – наука о природопользовании, в основе которой лежал принцип выживания, приспособляемости и эволюции. Всеединство знаний и стремление выжить не случайно идут рука об руку, их взаимосвязь гораздо глубже, и об этом наша статья.

По мере накопления знаний о природе и окружающем мире образовывались и отмежевывались другие науки. Принято считать, что из современных знаний только математические и физико-химические отрасли можно причислить к научным, имеющим теоретические основы. В общей биологии за её научную основу принимают теорию биологической эволюции (дарвиновскую, синтетическую). Это представление оспаривают многие исследователи-эволюционисты. Наиболее убедительно это рас-

смотрено у А. Лима-де-Фариа (1991), который не без оснований считает, что [3, с. 34]: «Теории эволюции никогда не было. Ламаркизм, дарвинизм и неodarвинизм нельзя считать эволюционными теориями»; [3, с. 21]: «Современная эволюционная «теория» носит метафизический, а не научный характер».



Людвиг Больцман

Однако австрийский физик Л. Больцман высоко оценивал теорию биологической эволюции Дарвина [4, с. 6]: «Если вы меня спросите относительно моего глубочайшего убеждения, назовут ли нынешний век железным веком, или веком пара и электричества, я отвечу, не задумываясь, что наш век будет называться веком механического миропонимания, веком Дарвина». Надеясь найти объяснение эволюции не только живой, но и физико-химической природы на основе второго начала термодинамики (ВНТ) посредством статистического определения энтропии, он отмечал [4, с.7]: «...после всеобщего признания идей Дарвина, они смело отваживаются объяснять образование как минеральных форм, так и органических». Последующее развитие представлений об эволюции природы, исходя из ВНТ, в соответствии с ко-

торым структуры разрушаются, энергия деградирует, а энтропия повсеместно и непрерывно возрастает, привели к выводу о тепловой смерти Земли и Вселенной. Рассматривая этот вывод, Л. Больцман писал: «Все попытки спасти Вселенную от тепловой смерти остались безуспешными... Моим единственным намерением является лишь немного ближе осветить второй закон термодинамики с другой точки зрения» [4, с.11]. Между эволюцией природы по ВНТ и теорией биологической эволюции, согласно которой структуры и функции организмов совершенствуются, а свободная (работоспособная) энергия в живых системах самопроизвольно возрастает, существует непримиримое противоречие. Это противоречие теоретической физики и теории биологической эволюции И. Пригожин назвал «вопиющим противоречием» [5].

Названные проблемы классической термодинамики, входящие в теоретическую физику, и теории биологической эволюции, а также ряд других важных проблем физики, таким же образом связанных с началами термодинамики и в первую очередь с ВНТ, до недавнего времени не были разрешены. Начала классической термодинамики, особенно ВНТ, являются теоретической основой энергетики с момента её теоретизации. В то же время нельзя не согласиться с мнением И.П. Базарова [6] о том, что нет другой отрасли знаний, в «...которой при её создании и применении делалось бы такое большое число неверных утверждений и выводов, как в термодинамике».

Яркий пример, подтверждающий это, содержится в публикации академиков Е. Велихова и других [7]. Критикуя исследования профессора П. Ощепкова по «энергетической инверсии», в частности, по высокой эффективности тепловых насосов, и публикации журналистов по этим исследованиям, назвавших это устройство «чудом», в [7], утверждалось: «Процессы преобразования энергии подчиняются второму закону

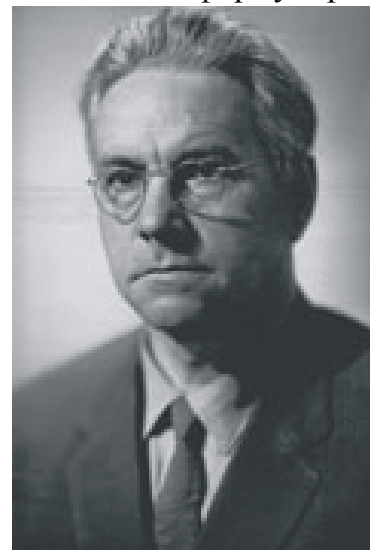


Илья Пригожин

термодинамики. ... В настоящее время наука не располагает ни одним фактом, противоречащим второму закону. Это относится как к опытным данным, накопленным в земных условиях, так и астрофизическим наблюдением. Этот закон был сформулирован в XIX веке. Вся человеческая практика вплоть до наших дней подтверждает его истинность и общность». Это утверждение не соответствует действительности, что ясно из существования уже упомянутого противоречия и практики использования этого «чуда» Ощепкова.

Постоянно возрастающее обострение энергетической проблемы, четкое практическое выражение которой состоит в быстром, непрерывном росте цен на ископаемые невозобновляемые энергоносители, обязывает выявить причину чрезмерного консерватизма РАН в признании проблем классической термодинамики, а также признания результатов достигнутых решений этих проблем [8] и возможности использования их для развития энергетики. Необходимость объективного рассмотрения и практического использования осуществленных решений проблем классической термодинамики подтверждают следующие общие практические результаты производственной деятельности в РФ, указывающие на чрезмерное отставание отечественной энергетики от стран дальнего зарубежья. По данным директора Института энергетической стратегии профессора В. Бушуева [9] энергоемкость внутреннего валового продукта (ВВП) РФ в 2005 году было в 3 раза выше среднемирового значения и в 5,0...5,5 раз выше, чем в Западноевропейских странах. В 1970 году в СССР энергоемкость ВВП была на уровне среднемирового значения.

Высокую информативность этого показателя обосновали в 1960-х – начале 1970-х годов выдающиеся ученые – Д. Медоуз с соавторами и П. Капица путем статистического анализа обобщенных данных деятельности десятков стран за несколько десятилетий. Они установили, что энергоемкость ВВП с вероятностью 0,832 и выше коррелирует с научно-техническим и социально-экономическим уровнем производства этой продукции. Академик РАН Н. Лаверов этот корреляционный коэффициент неслучайно назвал показателем детерминации. Нам представляется, что эта детерминация обусловлена законом выживания (ЗВ), о котором мы упоминали вначале и которым определяется общая высокоэффективная (энерго- и ресурсоэкономная) направленность всех этапов прогрессивной эволюции природы. Эта особенность прогрессивного эволюционизма природы проявилась еще на этапе эволюции микрочастиц (фотонов, электронов и др.), затем продолжилась на уровне эволюции химических элементов, молекул, кристаллов, биологических и социальных объектов. В природе ЗВ реализуется в виде различных механизмов: структур (фракталы, золотая пропорция и др.) и процессов (фазовые переходы, солитоны и др.). Эти механизмы проявления ЗВ, возникнув на самом начальном этапе эволюции, могут переходить во все последующие. Так, например, золотая пропорция проявляется как в энергосодержании микрочастиц при их взаимодействии, как выявлено в работе А. Саврухина [10], так и в биохимических процессах клетки, а также в биологических и социальных структурах и процессах [8]. Тем самым в процессе прогрессивной эволюции природы осуществляется информационная экономность.



Павел Ощепков

Это положение подтверждают многочисленные иллюстрации подобия структур различной природы (физико-химической, биологической, социальной), приведенные в монографии Лима-де-Фариа [3]. Этот автор, в связи с выявленным подобием структур разной природы, задает вопрос: «Что это такое?», оставляя его без ответа. Как ясно из предыдущего и последующего в настоящей нашей работе и рассмотренного в [8]: это есть проявление ЗВ, а также принципа энергетической экстремальности самоорганизации и прогрессивной эволюции (ПЭЭС и ПЭ). Этот принцип логически концептуально объединяет в виде зеркальной динамической симметрии ВНТ и ЗВ. Сущность ЗВ в следующем: каждый элемент самоорганизующейся природы в своем развитии (онтогенез, филогенез) самопроизвольно устремлен к состоянию наиболее полного, эффективного использования в существующих условиях доступной свободной энергии системой трофического уровня, в которую он входит.

Закон выживания проявляется в самоорганизующихся явлениях как физико-химической, так биологической и социальной природы; ВНТ – только в несамоорганизующихся (равновесных) системах и процессах. Аналитические выражения ЗВ подобны выражениям ВНТ, но в правой части равенства знак изменяется на противоположный. Представляется, что ЗВ, ПЭЭС и ПЭ может исполнить роль логической концептуальной основы объединения не только всех отраслей естествознания, но и создания начал всеединства знаний. Эти закон и принцип имеют не только логико-эволюционное историческое, но и аксиоматическое обоснование.

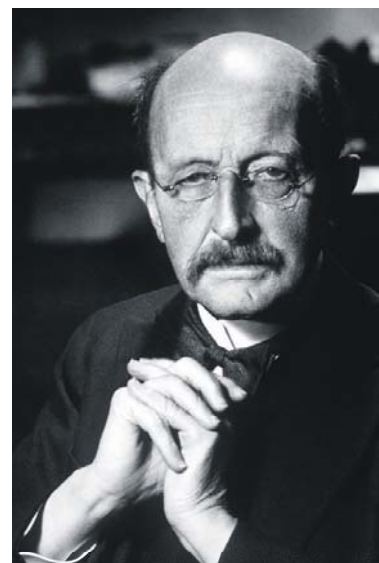
В качестве исходной аксиомы ЗВ, ПЭЭС и ПЭ принято самое общее неопровержимое явление природы – возникновение (рождение) самоорганизованных объектов, их существование, а затем разрушение (смерть). Назовем кратко эту аксиому «жизнь-смерть». Это явление свойственно объектам природы на всех иерархических уровнях организации от микрочастиц до космических мегаобъектов и от физико-химических до социальных структур. Эта аксиома, ЗВ, ПЭЭС и ПЭ являются фундаментом всеединства знаний – всеобщей теорией научных знаний.

С самых ранних времен развития естествознания существует мнение, что это поколение ученых является последним, которое сталкивается с неполным знанием законов. Особенно физика представлялась её деятелям «почти завершенной». Существовало мнение, что главная идея, которая все объединит и приведет поиск знаний к завершению, совсем рядом. Только в периоды научных революций это мнение исчезало. Характерным примером этому была революция Коперника в астрономии. Возникнув в начале XVI столетия, она отвергла геоцентрическую теорию, заменив её противоположной гелиоцентрической. Этой революцией были отвергнуты существовавшие в то время теории пространства, времени движения и космологии. И. Ньютоном в 1687 году была предложена теория новой физики в «Математических началах натуральной философии».

В соответствии с имманентным законом К. Маркса, открытым им на основе анализа развития дифференциального исчисления, произошло «оборачивание метода» [11]. Под законом оборачивания метода понимают превращение одного метода в другой – противоположный. Для случая развития дифференциального исчисления алгебраический метод «сам собою» превратился в противоположный дифференциальный метод. Переход первоначального метода происходит в такой последовательности: старый метод успешно функционирует в определенной сфере познавательных средств, в которых он дает положительный результат. Например ВНТ надежно про-

является в равновесных (не самоорганизующихся) системах. С выявлением новой сферы приложения (например, самоорганизующихся систем) этот метод уже не обеспечивает желаемого результата. Для их объяснения необходим ЗВ, сущность которого противоположна сущности ВНТ. Сущность закона оборачивания метода обусловлена всеобщностью симметрии природы и ее законов.

Современная подобная революция в физике началась с открытия М. Планком в 1900 году квантовых свойств излучения и «кванта действия» – постоянной Планка. Это открытие – результат решения одной из проблем, обусловленной ВНТ, – проблемы теоретического обоснования формулы, описывающей зависимость от температуры распределения энергии в спектре излучения абсолютно черного тела. Эта революция обусловила быстрое развитие квантовой физики и теории относительности. Теории этих разделов физики, к сожалению, не содержат ВНТ, несмотря на то, что их исходные положения обоснованы при решении одной из проблем этого начала. Не менее важные проблемы, связанные с этим началом, оставались не решенными до недавнего времени. Общая теория относительности (ОТО) и квантовая теория между собой не согласованы. Это важное свидетельство незавершенности революции в физике, вызванной открытием квантовых свойств излучения.



Макс Планк

В теоретической физике осознается необходимость решения проблемы объединения ОТО и квантовой теории в одну теорию, которая «может претендовать на роль полной теории природы» [12]. В создании окончательной теории также осознается особая роль симметрии природы и её законов [13]. В то же время современная теоретическая физика асимметрична по признаку выделения главного закона. В классической термодинамике и энергетике главным законом принято считать ВНТ. Это начало в классической механике рассматривают как «инородное тело». Оно не нашло отражения ни в ОТО, ни в квантовой теории. В этих разделах физики главным законом считают принцип наименьшего действия в форме Гамильтона. По мнению А. Пуанкаре «теория относительности является инвариантом принципа наименьшего действия».



Анри Пуанкаре

Квантовая революция физики, несмотря на более чем столетний период с начала её развития, до сих пор не завершена из-за неосознанности самой сущности дискретности излучений и постоянной Планка – кванта действия. Эта сущность, исходя из физики самоорганизации, представляет собой природный механизм энергетической и вещественной экономности на элементарном уровне. На более высоких уровнях организации материи подобных механизмов множество. К ним относятся и феноменальные физико-химические принципы (Ферма, наименьшего действия в форме Мопертюи, Ле Шателье), которые в виде исходных положений входят в физические теории [8].

Главное общее свойство этих механизмов самоорганизации, в том числе и феноменальных принципов – энергетическая и вещественная экономность. Из принципов Ферма и наименьшего действия обоснован принцип экстремального действия (Л. Эйлер, 1744 г.; Г. Ландсберг, 50-е годы XX столетия), согласно которому действие природы может быть как «минимальным», так и «максимальным». Аналитическое выражение величины «действия» и её размерность, обоснованные в XVII столетии Лейбницем, справедливы и сейчас. Но, очевидно, сущность размерности действия – [Дж·с] (джоуль на секунду) до сих пор не осознана. Эту же размерность имеет и постоянная Планка.

Принцип наименьшего действия в форме Гамильтона – гамильтониан – в неявном виде отражает принцип экстремального действия. Как известно, он входит в



Уильям Гамильтон

основные уравнения квантовой релятивистской (Дирака) и нерелятивистской (Шредингера) физики. Судя по высказыванию П. Дирака о вхождении гамильтониана в уравнения квантовой физики [6, с.72], этот феномен остается не объясненным. Он отмечал: «...что квантовое состояние не просто соответствует классическому состоянию, оно соответствует целому набору классических состояний, связанных друг с другом особым математическим методом, который был открыт Гамильтоном за сто лет до того времени. Такая особая связь была обнаружена Гамильтоном просто из соображений математической красоты...». В этом одно из важных свидетельств незавершенности теории квантовой физики и ее современных проблем, в частности, несогласованности ее с теорией

относительности. Современная теория квантовой физики не обеспечила возможности решения столетних проблем естествознания, связанных с классической термодинамикой.

В [8] показана возможность и реальность их решения. На основе дополнения существующих основных современных положений теорий естествознания тремя новыми положениями, жестко связанными между собой и с большинством из традиционных, названных выше – аксиомой, законом и принципом. Под аксиомой понимается всеобщее явление, характерное для всех объектов природы: возникновение (рождение) и разрушение (смерть) – «жизнь–смерть». Под новым законом понимается ЗВ, сущность которого противоположна сущности ВНТ. Существование этого закона предсказывалась многими учеными (В. Вернадский, Г. Гельмгольц, К. Тимирязев, Н. Умов, К. Циолковский и др.) во второй половине XIX столетия.

Сущность ЗВ была сформулирована выше. И, как уже было сказано, ЗВ и ВНТ не являются самостоятельными законами, они жестко взаимосвязаны, образуя зеркальную динамическую во времени симметрию. Общий принцип естествознания, образуемый ЗВ и ВНТ, назван ПЭЭС и ПЭ. Этот принцип отражает прогрессивную направленность эволюции всей самоорганизующейся природы, включая человеческое

общество как её часть. Общая прогрессивная направленность самоорганизации определяется ЗВ. Утилизация прекративших самоорганизованное существование объектов природы происходит в соответствии с ВНТ. Важный результат циклического прохождения вещества и энергии природы через самоорганизованное и равновесное состояние – процесс прогрессивной эволюции природы.

В равновесных системах в соответствии с ВНТ энергия деградирует, энтропия повсеместно и непрерывно возрастает. В самоорганизующихся системах, согласно ЗВ, энтропия уменьшается. Такие системы избирательно потребляют из среды свободную энергию, накапливают и экономно используют посредством различных механизмов энергоэкономности. Симметрии природы – наиболее важные механизмы энергетической и вещественной экономности. При полной симметрии природы прогрессивная эволюция её была бы невозможной. Мы уже отмечали парадоксальное состояние современных теорий естествознания: в классической термодинамике главным законом является ВНТ. В квантовой теории и ОТО – принцип наименьшего действия в форме Гамильтона. В вопиющем противоречии с ВНТ находится и теория биологической эволюции. Все эти теории асимметричны в принципе, но в последние пять-шесть десятилетий наиболее престижными считают теоретические исследования по обоснованию явлений асимметрии в физике элементарных частиц [12, 13].

Ни в одной из теорий естествознания, за исключением теорий биологической эволюции, не учтены процессы эволюции природы, в том числе и социальный ее этап – историческое развитие человеческого общества. Такой учет обеспечивает ПЭ-ЭС и ПЭ, он выражен в самом названии этого принципа. Без учета эволюционизма и историзма, очевидно, бесперспективен любой поиск единой фундаментальной теории самоорганизующейся природы, которая не нуждалась бы в дополнительных законах и принципах, не содержащихся в ней самой. Для выявления объективности этого положения обратимся к книге американского физика, нобелевского лауреата С. Вайнберга «Мечты об окончательной теории: физика в поисках самых фундаментальных законов природы» [13]. А также к монографии одного из основателей теории петлевой квантовой гравитации, физика, работающего в США, Л. Смолина «Неприятности с физикой: взлет теории струн, упадок науки и что за этим следует» [12].

Воздавая должное редукционизму, Вайнберг отстаивает приоритет открытия общих законов за исследованиями взаимодействия элементарных частиц [13, с. 46]. Он уверяет: «...в будущем мы надеемся открыть несколько простых общих законов, которые объясняли бы, почему мир такой, какой он есть, и что сейчас при описании элементарных частиц мы ближе всего подошли к единому взгляду на природу». Однако самые компетентные физики в области элементарных частиц, квантовой механики электронов, ядерных и электрических сил не могут объяснить свойства очень сложных молекул ДНК – носителей генетической информации. Эти молекулы были открыты много десятилетий назад на основе общих положений анализа и синтеза, используемых химиками и биологами. Механизмы самоорганизации (структуры, процессы) элементарных частиц возникли в более ранний период физико-химического этапа эволюции, чем механизмы самоорганизации атомов и молекул. Первые могут входить во вторые, но их очевидно недостаточно для полного объяснения вторых.

Этот логический вывод подтверждает и открытие кванта действия – механизма наименьшего действия на микро (квантовом) уровне, который не обеспечил возможности создания полноценной теории хотя бы на элементарном уровне. Квант действия – механизм энергетической и вещественной энергоэкономности на элементарном уровне самоорганизации процесса прогрессивной эволюции в начальный период физико-химического этапа эволюции. Информационная экономность самоорганизации природы реализуется посредством перехода механизмов энергетической экономности, возникших на раннем периоде прогрессивной эволюции, на более поздние периоды и от низших уровней организации последовательно к более высоким уровням организации природы. Такой переход или его отсутствие определяется динамикой временного изменения условий среды.

Эти логические следствия из явлений прогрессивной самоорганизационной эволюции природы однозначно свидетельствуют о том, что самые общие механизмы, законы и принципы, реализованы на наиболее высоком уровне самоорганизации, а не на уровне физики субатомных частиц, как это явно ошибочно декларируется в вышеприведенной цитате из [13].

Следовательно, фундаментальные, наиболее общие законы и принципы природы более целесообразно искать на ее социально-биологическом уровне. Этот вывод подтверждают и результаты анализа исторического развития естествознания и, прежде всего, физики, как за последние 2...3 столетия [8], так и за последние 2,5...3 десятилетия [12].

Приведем мнение одного из основателей теории квантовой гравитации американского физика, активно работающего на субатомном уровне с 1975 г. [12, с.VIII]: «На протяжении более чем двух столетий до сегодняшнего времени наше понимание законов природы быстро расширялось. Но сегодня, несмотря на все усилия, то, что мы достоверно знаем об этих законах, не превышает того, что мы знали о них в 1970-е». В результате обширных экспериментов над элементарными частицами к 1980 г. была разработана теория стандартной модели физики элементарных частиц. Она объяснила, как протоны и нейтроны собираются из кварков и удерживаются вместе глюонами – носителями сильного ядерного взаимодействия. В истории фундаментальной физики впервые теория совпала с экспериментальными данными. За последние 25 лет был достигнут прогресс в приложениях установленных теорем, но расширения знания о законах природы не происходило. Эксперименты на мощных ускорителях частиц и космологические наблюдения подтверждали существующие теории, но развитие представлений о законах природы в фундаментальной физике не происходило. Рассматривая центральные вопросы своей книги [12, с. XII], автор спрашивает: «Почему физика вдруг оказалась в затруднении? И что мы можем сделать с этим?». Главная задача теории физики частиц в последние три десятилетия состояла в более глубоком объяснении ранее разработанной стандартной модели. Обосновывались и анализировались новые теории, но ни одна из них не была подтверждена экспериментально.

Достоверные теории должны обеспечивать новые предсказания или объяснять ранее установленные феноменальные явления. Рассматриваемый кризис в разви-

тии физики элементарных частиц очевиден из факта, что теории, предложенные после стандартной модели, не подвергались оценке достоверности. Наибольшее внимание из этих теорий уделялось теории струн, в которой постулировалось, «что все элементарные частицы возникают из колебаний единственной сущности – струны, которая подчиняется простым и красивым законам» [12, с. XIII]. Она прогнозировалась «на роль единственной теории, которая объединяет все частицы и все силы в природе». Одна из важных причин, из-за которых теория струн экспериментально не проверяется и не используется для предсказаний, в том, «что она предстает перед нами в бесконечном количестве версий, ... мы остаемся примерно с 10500 струнными теориями...» [12, с. XV]. Большинство струнных теорий трудно понимаемы. Каждая из таких теорий расходится с имеющимися экспериментальными данными не менее чем в двух отношениях. Теории струн, которые известно, как изучать выявлены как ошибочные. Те же из них, которые пока не известно, как проверять, существуют в таких количествах, что никакими мыслимыми экспериментами их все невозможно проверить. В этом представляется парадокс теории струн. Приведенных выше данных из [3, 4] представляется достаточно, чтобы ответить на первый рассмотренный вопрос из [12]. Для ответа на второй вопрос достаточно воспользоваться выше приведенными результатами в основном из [8, 11].

Быстрое развитие теоретических знаний естественных наук в последние три столетия основано на использовании феноменальных принципов в качестве исходных положений. Естественнонаучно эти принципы не были объяснены до недавнего времени. Оставалась необъясненной и связь этих принципов с ВНТ и классической термодинамикой в целом. Более столетия не решались и многочисленные проблемы, обусловленные началами классической термодинамики. Особую сложность решения этих проблем и выявления сущности феноменальных физико-химических принципов удалось объяснить на основе имманентного закона оборачивания метода [11]. Процесс проявления этого закона в физике и энергетике оказался очень длительным из-за сложности понимания зеркальной динамической во времени симметрии природных явлений. Обоснование аксиомы, отображающей эту симметрию, позволило объединить в единый принцип ПЭЭС и ПЭ противоположные по сущности ВНТ и ЗВ, а также выявить сферы их приложения. Аксиома «жизнь-смерть», ЗВ, ВНТ и принцип ПЭЭС и ПЭ представляются достаточными для логического, концептуального объединения всех современных теорий естествознания, а также естественнонаучного объяснения многих феноменальных явлений и построения неформализованных, прикладных теорий в гуманитарных, инженерных, биологических и даже социальных сферах знаний и, прежде всего, в экономике.

Главным критерием эффективности выживания должен быть критерий экологического равновесия биосферы, а не рентабельность: «рыночная экономика может погубить окружающую среду и себя, если не позволит ценам говорить экологическую правду». На наш взгляд это возможно благодаря неограниченным возможностям познания законов развития Природы и использованию ее сил на основе всеединства знаний.

Литература

1. *Соловьев В.С.* Вера как основание науки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.litera.ru/stixiya/cgi/see.cgi?url=http://mirosvet.narod.ru/lit.htm#sol> (дата обращения: 25.05.09).
 2. *Жученко А.А.* Обеспечение продовольственной безопасности России в XXI веке на основе адаптивной стратегии устойчивого развития АПК (теория и практика) // Научно-просветительская серия «Трибуна Академии наук». Выпуск № 5. – М.: Фонд «Знание» им. С.И. Вавилова, 2008.
 3. *Лима-де-Фариа А.* Эволюция без отбора. Автоэволюция формы и функции. М.: Мир, 1991.
 4. *Больцман Л.* Статьи и речи. М.: Наука, 1970.
 5. *Пригожин И.* Введение в термодинамику необратимых процессов. М., 1960.
 6. *Базаров И.П.* Термодинамика. М.: Высшая школа, 1976.
 7. *Велихов Е., Прохоров А., Сагдеев Р.* “Чудо” не состоялось. Еще раз о легкомысленной погоне за научными сенсациями // Правда. 1987. 22 июня.
 8. *Свенцицкий И.И.* Энергосбережение в АПК и энергетическая экстремальность самоорганизации. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2007.
 9. *Бушуев В.В.* Энергетический потенциал и устойчивое развитие, М., 2006.
 10. *Соврухин А.П.* Природа элементарных частиц и золотое сечение. М.: МГУЛ, 2004. – 202 с.
 11. *Стребков Д.С., Свенцицкий И.И., Некрасов А.И., Алхазова Е.О.* «Оборачивание метода» в энергетике и физике // В кн.: Наука: от методологии к онтологии. М.: ИФ РАН, 2009.
 12. *Смолин Л.* Неприятности с физикой: взлет теории струн, упадок науки и что за этим следует. – Режим доступа: http://zhurnal.lib.ru/a/artamonow_j_a/smolin.shtml (дата обращения: 25.05.09).
 13. *Вайнбер С.* Мечты об окончательной теории: физика в поисках самых фундаментальных законов природы. Пер. с англ. Изд. 2-е. – М.: Изд-во ЛКИ, 2008. – 256 с.
-
-

**ДЕТЕРМИНИЗМ ЭНЕРГОИНФОРМАЦИОННОГО ЕДИНСТВА МЕТРОЛОГИЙ:
СВЕТОТЕХНИЧЕСКОЙ, ОПТИКО-ФИЗИЧЕСКОЙ И ЭКСЭРГЕТИЧЕСКОЙ**

Доктор техн. наук И.И. Свентицкий,
асп. Е.О. Алхазова,
канд. техн. наук А.Н. Обычный
(ГНУ ВИЭСХ)

*Наука начинается там,
где начинаются измерения.
Д.И. Менделеев*

Оптическое солнечное излучение (ОИ) – главный первоисточник энергии для биосферы Земли и основное информационное средство всей ее живой части. Представляется невозможным полноценное рассмотрение не только прикладных отраслей по использованию ОИ, но и возникновение и развитие жизни на Земле, а также земной цивилизации без учета детерминизма двуединой энергоинформационной роли этого космического фактора. Отметим, что в современной методологии познания детерминизм и эволюционизм вновь приобретают ключевую роль. Можно полагать, что даже во времена развития научных знаний, когда этой роли не придавалось должного внимания, ее естественная сущность, очевидно, проявлялась и неосознанно, сама по себе проникала в научно-познавательные решения.

В этой работе сделана попытка рассмотреть детерминированное проявление энерго-информационного двуединства в развитии метрологий оптического излучения. Началом развития фотометрии можно принять конец XIX столетия. Во втором издании монографии П.М. Тиходеева рассмотрено соотношение между световыми величинами и величинами «лучистой энергии» – оптико-физическими величинами и отмечено [1, с. 23]: «Вообще величины для лучистой энергии в физике не получали пространного развития. Часто они применяются как бы в описательном виде». В этой же работе сообщается [1, с. 9] что еще «в 1900 г. Международный конгресс газовой промышленности в Париже предусмотрел создание международной фотометрической комиссии для рассмотрения вопросов о световых измерениях». В 1921 г. эта комиссия была преобразована в Международную комиссию по освещению (МКО). Она успешно работает до сих пор.

Шестилетние исследования М. Планка в конце XIX столетия по решению «ультрафиолетовой катастрофы», как известно, завершились публикацией в 1900 г. открытия квантовых свойств излучения [2]. Но и это событие, явившееся началом развития квантовой физики, так и не ускорило развитие и формализацию оптико-физической метрологии, которая должна быть по своей сути исходной для фотометрии. Раннее ускоренное развитие фотометрии и отставание в это время развития оптико-физической метрологии свидетельствует о преобладании практических побуждений в потребности световых измерений над логической связью этих метрологий.

Поступающему на поверхность Земли солнечному ОИ в этот период не придавалось существенного значения как первичному источнику энергии техногенного ее преобразования. В промышленной энергетике главным энергопреобразующим законом является второе начало термодинамики (ВНТ). В соответствии с ним потенциальную

превратимость энергии первичных энергоносителей оценивали до 80-х годов XX столетия по основной функции ВНТ – энтропии. В физике ВНТ использовали для изучения зависимости спектрального распределения теплового излучения абсолютно черного тела от его температуры. Эта зависимость, установленная Г.Р. Кирхгофом на основе ВНТ и подтвержденная экспериментально, теоретически выведенная В. Вином (закон Вина), хорошо отображала зависимость Кирхгофа только в области больших частот. Для описания этой зависимости в области низких частот были выведены на основе термодинамики независимо одинаковые формулы Дж. У. Релеем и Д.Х. Джинсом (закон Релея-Джинса). Результаты расчета по этой формуле были абсурдными: при любой температуре излучательность абсолютно черного тела и объемная плотность энергии равновесного излучения в ультрафиолетовой части спектра были очень велики. Эту проблему теплового излучения называли «ультрафиолетовой катастрофой».

Как, решая эту проблему, М. Планк открыл квантовые свойства излучения, он описал в письме к Р. Вуду [2, с. 697–698]: «Коротко говоря, я могу все дело назвать актом отчаяния... Я уже шесть лет (1894) бился над проблемой равновесия между излучением и материей, не достигнув никакого успеха: я знал, что эта проблема имеет фундаментальное значение для физики, ... но узнать, как это сделать, можно только в том случае, если исходить из определенной точки зрения. Я ... твердо держался обоих законов теории теплоты¹. Эти оба закона казались мне тем единственным, что при всех обстоятельствах должно остаться неизменным».

Эта цитата свидетельствует о том, что великий ученый XIX–XX столетий, твердо веря в особую важность первого и второго начал термодинамики, как главнейших законов природы, при решении одной из проблем термодинамики сделал открытие, не связанное с этими законами. Открытие М. Планком квантовых свойств излучения положило начало развития квантовой теории. Одним из первых ее разрабатывал А. Эйнштейн. Высоко оценивая это открытие, он отмечал, что оно «...стало основой всех исследований в физике XX века и с тех пор почти полностью обусловило ее развитие... Больше того, оно разрушило остов классической механики и электродинамики и поставило перед наукой задачу: найти новую полноценную основу всей физики» [3, с. 121].

Удивительно, что более чем за столетний период развития квантовой физики в ней не нашлось место ВНТ, несмотря на то, что, решая одну из его проблем, был открыт исток этого развития – квантовые свойства излучения и «квант действия», названный впоследствии постоянной Планка. Более того, создателями квантовой физики (М. Планк, А. Эйнштейн, А. Пуанкаре, П. А. М. Дирак и др.) главным законом не только этой отрасли физики, но и всей физики признан принцип наименьшего действия в форме гамильтониана [4; 5]. Еще более удивительно, что сущность этого принципа противоположна сущности ВНТ [5]. Невозможно не отметить еще одну загадку квантовой физики – размерность и сущность «кванта действия» – постоянной Планка – до сих пор не имеют должного объяснения и естественнонаучной, логической связи с системой физических величин их измерения. В чем сущность размерности этой величины: Дж/Гц или Дж·с?

Такая же размерность была установлена в XVII столетии Г.В. Лейбницем для величины «действия» на макроуровне в соответствии с принципом наименьшего действия в форме Мопертюи, но последняя до настоящего времени не вошла в общую

¹ Имеются в виду первое и второе начало термодинамики (прим. И.И. Свентицкого).

систему физических величин и единиц их измерения. В эту систему входит лишь величина «квант действия» – постоянная Планка, – обоснованная М. Планком на микроуровне спустя более двух столетий после определения величины действия и ее размерности на макроуровне Лейбницем. Этот научный факт сам по себе свидетельствует о незавершенности квантовой теории, которая признавалась и признается большинством физиков, в том числе и активно разрабатывавших эту теорию [4].

Светометрия ускоренно развивалась на экспериментальной основе. Уже в 1924 г. МКО приняла относительные значения спектральной чувствительности глаза человека, названные относительной видностью однородного излучения [6, с. 46–47], которая была получена в результате усреднения спектральной чувствительности дневного зрения глаза человека, измеренной Кобленцем и Эмерсоном у 125 наблюдателей; Хэйдом, Форсайтом и Кэди – у 29 наблюдателей; Джибсоном и Тиндалем – у 52 наблюдателей. В СССР значения относительной дневной видности были регламентированы ОСТ/ВКС 7637. Экспериментально была установлена спектральная чувствительность глаза и в условиях сумеречного зрения.

Определения основных световых величин были приняты МКО в 1921 г. Они стали общепринятыми с учетом дополнений и изменений, сделанных МКО в 1924, 1928 и 1951 гг.

В общую систему физических величин в качестве основной величины светометрии вошла сила света, измеряемая в канделах (Кд, Cd). Кандела – сила света, испускаемая с площади $\frac{1}{6} \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$ сечения полного излучателя (абсолютно черного тела) в перпендикулярном этому сечению направлении при температуре затвердевания платины и при нормальном атмосферном давлении (101325 Па). Производные величины светометрии и оптико-физические величины, вошедшие в общую систему физических величин, приведены в табл. 1.

Таблица 1. Производные величины и единицы измерения для световых и энергетических (радиометрических) величин

Величина		Производная единица СИ			
Наименование	Размерность	Наименование	Обозначение		Примечание
			русское	международное	
Световой поток	J	люмен	лм	lm	
Освещенность	L ⁻² J	люкс	лк	lx	1 лк=1 лм/м ²
Светимость	L ⁻² J	люмен на квадратный метр	лм/м ²	lm/m ²	
Яркость	L ⁻² J	кандела на квадратный метр	кд/м ²	cd/m ²	
Поток излучения	L ² MT ⁻³	ватт	Вт	W	
Энергетическая освещенность и светимость	MT ⁻³	ватт на квадратный метр	Вт/м ²	W/m ²	
Энергетическая яркость	MT ⁻³	ватт на стерадиан-квадратный метр	Вт/(ср·м ²)	W/(sr·m ²)	
Спектральная плотность энергетической светимости: а) по длине волны б) по частоте	L ⁻³ MT ⁻³ MT ⁻²	ватт на метр в кубе джоуль на квадратный метр	Вт/м ³ Дж/м ²	W/m ³ J/m ²	

Величины светометрии связаны, как видим, с оптико-физическими величинами через определение силы света.

В физическую систему величин не вошла светометрическая величина «световая энергия» [1, с. 15], необходимость использования которой возникает при расчетах технико-экономических показателей эффективности светотехнических устройств. Световая энергия представляет собой ту часть общей энергии ОИ, которая вызывает зрительное ощущение. Она равна световому потоку, умноженному на время его генерации или поступления к объекту освещения. Эта величина тождественна свободной энергии Гиббса, или эксэргии. Известно, что 683 Люмен светового потока соответствуют 1 Вт потока излучения с длиной волны 555 нм, соответствующей максимуму спектральной чувствительности глаза человека при дневном зрении. Из этого соотношения видна также связь светометрии с оптико-физической и эксэргетической метрологиями. Это имеет важное значение при создании эталонных источников и поверочных устройств для измерительных приборов в этих областях метрологии.

Нередко оптико-физические величины называют «энергетическими величинами» ОИ. В связи с развивающейся метрологией эксэргии, вероятно, было бы целесообразно отказаться от этого термина. Величина эксэргии характеризует потенциальную превратимость любого вида энергии (в том числе и энергию ОИ) в требуемый вид энергии.

Ещё в XIX столетии К.А. Тимирязев указал на особую важность оценки энергии ОИ по ее потенциальной превратимости в процессе фотосинтеза, отметил непригодность использования для этой цели световых величин и начал исследование спектральной эффективности фотосинтеза [7]. Однако до 70-х гг. XX столетия не было надежных экспериментальных данных по определению этой величины. Вместо световых величин А.А. Ничипорович предложил оценивать воздействие ОИ на растения по «фотосинтетически активной радиации» – ФАР – суммарной энергии ОИ в области 380 – 710 нм, измеряемой прибором с неизбирательной спектральной чувствительностью в этой области [8]. Такая оценка действия ОИ на растения обосновывалась тем, что основные светофизиологические процессы растений приходились на ОИ в области ФАР. Одновременно был предложен метод оценки фотосинтетического действия ОИ на растения [9] с помощью системы величин, построенной аналогично системе световых величин с использованием спектральной эффективности фотосинтеза, рассчитанной по спектрам поглощения фотосинтетических пигментов растений (хлорофиллы, каротиноиды) и их усредненной концентрации в листьях растений.

В 1965 – 1972 гг. в журнале «Светотехника» была проведена дискуссия по целесообразности применения названных методов измерения ОИ. В статье «От редакции» [10, с. 25] отмечено: «... до получения достаточно достоверных данных о спектрах действия физиологических процессов, прежде всего фотосинтеза, следует применять неселективные чувствительные приборы. При этом, как минимум, должно быть измерено фотосинтетически активное излучение (380 – 710 нм) как физиологически наиболее эффективное...».

В этой заключительной статье по дискуссии далее также отмечалось: «... представляется целесообразным поддержать инициативу И.И. Свентицкого принять в качестве временного решения расчетный спектр фотосинтетического действия оптического излучения с тем, чтобы в дальнейшем, когда будут получены достоверные экспериментальные данные, ввести соответствующие поправки. В первую очередь такая

система величин и единиц необходима для оценки искусственных источников излучения, применяемых в растениеводстве...». Такая система величин и единиц измерения в 1974 г. была регламентирована Минэлектротехпромом СССР [11], в учреждениях которого разрабатывалось и осваивалось производство энергоэкономных ламп для искусственного облучения растений.

В 70-х гг. XX столетия в работах К.И. Мак Кри, К. Инада и др. были опубликованы надежные экспериментальные данные по спектральной эффективности фотосинтеза различных видов растений. Наиболее достоверные из них (66 спектров действия 5-ти авторов) были статистически обработаны [5; 12]. Полученное среднестатистическое значение спектральной эффективности фотосинтеза оказалось достаточно близким к значениям, рассчитанным ранее по спектрам поглощения фотосинтетических пигментов листа растения. Повторная дискуссия по оценке действия ОИ на растения проведена в «Светотехнике» в 1979 – 1981 гг. Подробный анализ ее приведен в [12]. В заключительной статье по ней [13] было одобрено развитие системы величин и единиц оценки фотосинтезной эффективности. В 1983 г. введен в действие отраслевой стандарт Минсельхоза СССР, регламентирующий эти величины и единицы [14]. Аналогичная система величин и единиц измерения предусмотрена немецкими национальными нормами DIN [15], изданными в 1979 г.

В период 1981 – 1990 гг. проводились исследования с участием одного из авторов статьи по научному проекту «Биофотометрия» в рамках сотрудничества стран-членов СЭВ по проблеме «Исследования в области биологической физики». В них предусматривалась разработка стандарта СЭВ на биоэффективные величины. Особое внимание при этом уделялось теоретическим основам: возможности использования положений светометрии и дозиметрии, связи этой проблемы с термодинамикой, экологической биоэнергетикой и самоорганизацией [12]. В этот период происходил переход промышленных энергетиков от энтропийного анализа преобразований энергии к эксэргетическому анализу. Была выявлена принципиальная непригодность энтропийного анализа техногенных преобразований энергии и биоконверсии энергии ОИ растениями в агротехнологиях и охране природы [5; 12].

Это послужило основанием для перевода оценки ОИ по фотосинтезному действию на растения из биофотометрии в эксэргетический анализ и начала разработки метрологии эксэргии [16; 17]. Был разработан прибор, позволяющий непосредственно измерять как мощность (поток) эксэргии, так и суммарную эксэргию ОИ в растениеводстве. Этот прибор имеет спектральную чувствительность, подобную спектральной эффективности фотосинтеза в соответствии с отраслевым стандартом [16; 17], и отградуирован в единицах эксэргии ОИ для растениеводства. Прибор отградуирован Институтом оптико-физических измерений Госстандарта РФ (ВНИОФИ), от которого получен сертификат на прибор как на средство измерения. Этим институтом откалибрована светоизмерительная лампа для поверки градуировки измерителя эксэргии [17].

Фотосинтез растений – самый мощный процесс преобразования энергии солнечного ОИ в химическую энергию органических веществ на Земле. Фотоэлектрические установки являются прямым техногенным преобразованием этой энергии в электричество. Не случайно все больше проявляется общая система оценки эксэргии (потенциальной превратимости, свободной энергии) как в техногенные, так и в биологические преобразователи [4] (рис. 1).

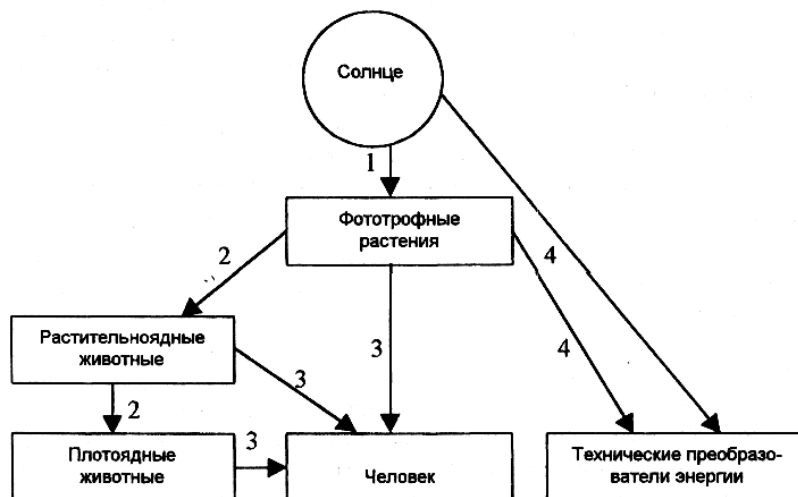


Рис. 1. Схема количественной оценки качества (превратимости) энергии на входе в биологические и технические преобразователи энергии:

1 – эксэргия энергии солнечного излучения в отношении фотосинтеза растений (эксэргия излучения); 2 – эксэргия кормов; 3 – эксэргия (калорийность) пищи; 4 – эксэргия первичных источников энергии, используемых техническими преобразователями

Одна из первых попыток определения ОИ для древесных растений принадлежит Р. Петела [18]. Эту величину он рассчитывал на основе накопленной растениями биомассы и прихода к ним энергии ОИ за время вегетации. Он получил очень низкое значение эксэргии ОИ. Теоретический КПД преобразования энергии солнечного ОИ фотосинтеза растений на основе формулы Карно пытались определить Л. Дейсенс [19], Д.С. Спаннер [20], Л.Н. Белл [21]. Чисто термодинамическим путем на основе энтропийного анализа и видоизмененной формулы Карно в [22] сделана попытка определить теоретический КПД фотоэлектрического преобразователя. Как показал анализ работ [19-21], для суммарного солнечного ОИ у поверхности земли его значение ошибочно оценено в 93 %. На основе формулы Карно можно определить теоретическое значение КПД прямого преобразования ОИ только для монохроматического излучения с длиной волны, соответствующей максимальной эффективности процесса фотопреобразования. Для фотосинтеза растений при минимальном квантовом расходе, равном трем при $\lambda_m = 680$ нм, теоретический КПД равен 95 %. Независимый расчет этой величины на основе положений фотохимии подтвердил это значение [5].

В соответствии с законом квантовой эквивалентности испускания и преобразования ОИ теоретический КПД прямого преобразования сложного суммарного излучения можно определить на чисто термодинамической основе только для случая, когда излучатель и преобразователь соответствуют свойствам абсолютно черного тела. Зеленые фототрофные растения, фотоэлектрические кремниевые и другие известные прямые преобразователи ОИ не обладают свойствами черного тела, поэтому, как свидетельствуют недавние исследования по этому вопросу [23; 24], поиск определения на чисто термодинамической основе теоретического КПД сложного солнечного ОИ для этих преобразователей бесперспективен. Определение эксэргии или теоретического КПД прямых преобразователей энергии ОИ: фотосинтезирующих растений, фотоэлектрических и других преобразователей ОИ – надежно осуществлено полуэмпирическим методом: определение относительной спектральной эффективности фо-

топреобразователя ОИ опытным путем и установление максимальной спектральной его эффективности на основе положений термодинамики или фотохимии.

Построение систем величин и единиц определения эксэргии для этих прямых преобразователей энергии аналогично построению световых величин. Световые единицы и величины характеризуют основное информационное свойство ОИ – его способность вызывать зрительное ощущение. Эксэргетические же величины отображают энергопреобразующие свойства ОИ: его потенциальную превратимость в другие виды энергии. Раскрыть причинно-следственную зависимость (детерминизм) этих метрологий, характеризующих две различных субстанции природы: информацию и энергию – можно на основе современного определения качества (ценности) информации в современной теории информации [23].

Современная теория информации развивается с использованием положений самоорганизации (синергетики, неравновесной термодинамики, динамики сложных эволюционирующих систем). В этой теории важное значение имеет величина ценности информации, которую количественно определяют через представление о достижении цели. Любая информация ценна в той мере, в которой она способствует достижению определенной цели.

В [5] выявлена обоснованность общей энергоэкономной направленности всех этапов прогрессивной эволюции самоорганизующейся природы (физико-химический, биологический, социальный). Это дает основание количественно оценивать ценность генетической информации через показатель энергоэкономности ее носителя. Энергоэкономная общая направленность эволюции следует из определения закона выживания (ЗВ). В соответствии с ЗВ каждый элемент самоорганизующейся природы в своем развитии (индивидуальном, эволюционном) самопроизвольно устремлен к состоянию наиболее полного (эффективного) использования в существующих условиях доступной свободной энергии системой того трофического уровня, в которую он входит. Сущность ЗВ противоположна сущности ВНТ. ВНТ не является самостоятельным законом и приложимо только к несамоорганизующимся (равновесным) объектам. Самоорганизующиеся природные объекты, особенно живые, можно объяснить только на основе ЗВ. ВНТ и ЗВ образуют в виде зеркальной динамической симметрии единый принцип энергетической экстремальности самоорганизации и прогрессивной эволюции (ПЭЭС и ПЭ).

В [5] показана возможность разрешения основных проблем не только метрологии ОИ, но также общей физики и естествознания в целом на основе ЗВ и ПЭЭС и ПЭ. Ими раскрывается детерминированность связи метрологий ОИ (рис. 1) как светометрии – оценки информационного – светового воздействия ОИ на глаз; так и энергетического – посредством определения эксэргии в процессах фотосинтезного преобразования ОИ растениями и фотоэлектрического полупроводниковыми техническими преобразователями.

Светометрия развивалась на эмпирической основе в период наиболее высокого признания начал классической термодинамики, как это видно из работ М. Планка [2] и уже открытых им квантовых свойств излучения. Очевидно, этим можно объяснить высокий уровень обоснованности основных положений светометрии, которые хорошо согласуются с результатами современных фундаментальных исследований в области самоорганизации, неравновесной термодинамики и синергетики, а также с развитием эксэргетической метрологии.

Литература

1. *Тиходеев П.М.* Световые измерения в светотехнике. Изд. второе, М. – Л.: Гос. энерг. изд., 1962.
2. *Планк М.* Избранные труды. М.: Наука, 1975.
3. *Эйнштейн А.* Собрание научных трудов. Т. III. М.: Наука, 1966.
4. *Дирак П.А.М.* Воспоминания о необычайной эпохе. Сборник статей. М.: Наука, 1990.
5. *Свенцицкий И.И.* Энергосбережение в АПК и энергетическая экстремальность самоорганизации. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2007.
6. *Мешков В.В.* Основы светотехники. Ч. II. М.: Госэнергоиздат, 1961.
7. *Тимирязев К.А.* Избранные сочинения. Т. I. М.: ОГИЗ–СЕЛЬХОЗГИЗ, 1948.
8. *Ничипорович А.А.* Об измерении оптического излучения в физиологии и экологии растений, агрометеорологии и растениеводстве // Физиология растений. Т. 7. 1960.
9. *Свенцицкий И.И.* а) К вопросу об оценке оптического излучения в растениеводстве // Вестник с/х науки. 1967. № 9. С. 103-107; б) А.С. № 124669. Способ оценки действия оптического излучения на растения // БИ. 1959. № 23.
10. От редакции // Светотехника. № 4. 1972, с. 25.
11. ОСТ 60.689.027–74 Минэлектротехпром СССР. Фотосинтетически эффективные источники излучения. М., 1974.
12. *Свенцицкий И.И., Георгиев Г.Д., Глогов Л.В., Мудрик В.А.* Методологические аспекты фитофотометрии // Фитофотометрия и ее приложения. Пушкино: НЦБИ АН СССР, 1986. С. 5-29.
13. Об эффективных величинах и единицах // Светотехника. 1981. № 9. С. 19-22.
14. ОСТ 46.140–83 Минсельхоз СССР. Излучение оптическое. Оценка фотосинтезной эффективности. Термины и определения. М.: МСХ СССР, 1983.
15. Deutsche normen DIN/5031, Teil 10. Strahlungs physic in optischen Bericht und Lichttechnik. Grossen, Formel- und Kurzzeichen fur photobiologisch wirksame Strahlung. Berlin, 1979.
16. *Обычный А.Н., Свенцицкий И.И.* Энергетическая экстремальность самоорганизации и решение проблем равновесной термодинамики // Всероссийский симпозиум “Современные проблемы неравновесной термодинамики и эволюции сложных систем”, посвященный памяти И.Р. Пригожина. М.: МАКС Пресс, 2004. С. 20.
17. *Обычный А.Н.* Определение эксэргии оптического излучения в растениеводстве. Автореферат диссертации канд. техн. наук. М., 2008.
18. *Шаргут Я., Петела Р.* Эксэргия. М.: Энергия, 1968.
19. *Дейсенс Л.* Путь световой энергии в фотосинтезе // Структура и функция фотосинтетического аппарата. М.: НП, 1962. С. 19-36.
20. *Spanneer D.D.* The Green Leaf as a heat Engine // Nature. 1963. V. 198. N 4884. P. 934-936.
21. *Белл Л.Н.* а) О максимальной эффективности преобразования лучистой энергии в работу // ЖТЭФ. 1964. Т. 46. Вып. 3; б) К термодинамике фотосинтеза // Биофизика. 1964. Т. 9. Вып. 3.
22. *Арбузов Ю.Д., Евдокимов В.М.* Основы фотоэлектричества. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2007.
23. *Petela R.* Exergy of undiluted thermal radiation // Solar Energy. 2003. №74. P. 469-488.
24. *Candau Y.* On the exergy radiation // Solar Energy. 2003. №75. P. 241-247.
25. *Чернавский Д.С.* Синергетика и информация. М.: Наука, 2001.

ОБ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ, ОСНОВАННОЙ НА НЕЗАМКНУТЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ТОКАХ

Академик Россельхозакадемии Д.С. Стребков
(ГНУ ВИЭСХ)

Современные системы передачи электрической энергии используют двух- и трехпроводные линии, в которых электрическая энергия передается от генератора к приемнику бегущими волнами тока, напряжения и электромагнитного поля. Основные потери обусловлены джоулевыми потерями на сопротивлении проводов от протекания активного тока проводимости по замкнутому контуру от генератора к приемнику и обратно.

Крупные энергетические компании во многих странах мира вкладывают гигантские средства и научные ресурсы в создание технологии высокотемпературной сверхпроводимости для снижения джоулевых потерь в линии.

Существует другой, вероятно, более эффективный способ снижения потерь, по крайней мере, в магистральных и межконтинентальных линиях электропередач: разработать регулируемые резонансные волноводные системы передачи электрической энергии на повышенной частоте 1–100 кГц, которые не используют активный ток проводимости в замкнутой цепи. В волноводной однопроводниковой линии нет замкнутого контура, нет бегущих волн тока и напряжения, а есть стоячие (стационарные) волны реактивного емкостного тока и напряжения со сдвигом фаз 90° . За счет настройки резонансных режимов, выбора частоты тока в зависимости от длины линии можно создать в линии режим пучности напряжения и узла тока (например, для полуволновой линии). При этом из-за отсутствия активного тока, сдвига фаз между стоячими волнами реактивного тока и напряжения 90° и наличия узла тока в линии отпадает необходимость и потребность в создании в такой линии режима высокотемпературной проводимости, а джоулевы потери становятся незначительными в связи с отсутствием замкнутых активных токов проводимости в линии и незначительными величинами незамкнутого емкостного тока вблизи узлов стационарных волн тока в линии.

Изменяется и механизм передачи электрической энергии. В обычных двух-трехпроводных линиях при включении генератора в линии возникают бегущие волны тока, которые должны достигнуть нагрузки и вернуться к генератору. В резонансной однопроводниковой волноводной линии при наличии стационарных волн незамкнутого электрического тока электрическая энергия присутствует в любой точке линии.

Новая физика электрических процессов, связанная с использованием не активного, а реактивного тока, позволит решить три главных проблемы современной электроэнергетики:

- создание сверхдальних линий передач с низкими потерями без использования технологии сверхпроводимости;
- увеличение пропускной способности линий;
- замена воздушных линий на кабельные однопроводниковые волноводные линии и снижение сечения токонесущей жилы кабеля в 20–50 раз.

В экспериментальной резонансной однопроводниковой системе передачи электрической энергии, установленной в экспериментальном зале ВИЭСХ, мы передавали электрическую мощность 20 кВт при напряжении 6,8 кВ на расстояние 6 м по медному проводнику диаметром 80 мкм при комнатной температуре, при этом эффективная плотность тока в проводнике составила 600 А/мм^2 , а эффективная плотность мощности – 4 МВт/мм^2 . При увеличении напряжения до 1 МВ эффективная плотность мощности возрастет до величины, превышающей 40000 МВт/мм^2 . Такие плотности тока и мощности в реальных системах передачи энергии вряд ли будут достигнуты, но если мы даже уменьшим эти величины в 10 раз, то получим эффективную плотность тока в линии передачи, которая превышает параметры существующих систем в 50 раз.

Из других применений резонансной электроэнергетики, основанной на незамкнутых токах, следует выделить беспроводной офис, бесконтактный высокочастотный электротранспорт, создание местных энергетических систем с использованием возобновляемых источников энергии, соединение оффшорных морских ВЭС с береговыми подстанциями, электроснабжение потребителей на островах и в зонах вечной мерзлоты, пожаробезопасные однопроводниковые системы уличного освещения и освещения зданий, домов престарелых, музеев, больниц и пожароопасных производств.

Для сомневающих в существовании незамкнутых электрических токов приводим высказывания двух выдающихся ученых в области электротехники и электроэнергетики.

«Исключительная трудность согласования законов электромагнетизма с существованием незамкнутых электрических токов – одна из причин среди многих, почему мы должны допустить существование токов, создаваемых изменением смещения». *Д. Максвелл.*

«В 1893 г. я показал, что нет необходимости использовать два проводника для передачи электрической энергии... Передача энергии через одиночный проводник без возврата была обоснована практически». *Н. Тесла, 1927 г.*

«Эффективность передачи может быть 96 или 97 процентов, и практически нет потерь... Когда нет приемника, нет нигде потребления энергии». *Н. Тесла, 1917 г.*

«Мои эксперименты показали, что на поддержание электрических колебаний по всей планете потребуются несколько лошадиных сил». *Н. Тесла, 1905 г.*

Н. Тесла ответил и на вопрос, который часто задают нам: «Почему электроэнергетика не восприняла его идеи?».

«Мой проект сдерживался законами природы. Мир не был готов к нему. Он слишком обогнал время. Но те же самые законы восторжествуют в конце и осуществят его с великим триумфом». *Н. Тесла, 1919 г.*

За 20 лет исследований российские ученые получили более 20 патентов на технологии и оборудование резонансной электроэнергетики, результаты исследований опубликованы в книге «Резонансные методы передачи и применения электрической энергии» [1].

Резонансная электроэнергетика нуждается в поддержке государства для реализации пилотных и демонстрационных проектов и ждет нового Моргана, банкира, который 100 лет назад финансировал работы Н. Тесла.

Литература

1. Резонансные методы передачи и применения электрической энергии». 3-е изд., переработ. и дополн. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2008. – 352 с.

ПОЛУВОЛНОВЫЕ ЛИНИИ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА РЕЗОНАНСНЫХ ТРАНСФОРМАТОРАХ ТЕСЛА

**В.З. Трубников
(ГНУ ВИЭСХ)**

Исследования с целью изучения возможности применения полуволновых линий электропередач проводились ещё в первой половине прошлого века [1]. В первых исследованиях рассматривалось использование тока не с частотой 50 Гц, а с частотой 100 Гц, что облегчало экспериментальные работы в связи с возможностью укорочения необходимой длины линии в два раза. Наиболее подробно рассмотрен этот вопрос исследователями СибНИИЭ, выявившими некоторые принципиальные особенности полуволновых передач [2]. Работа носила исследовательский характер с целью экспериментальной проверки и уточнения целого ряда свойств полуволновых линий в части влияния полуволнового режима и повышения рабочей частоты на пропускную способность линий, устойчивость при отклонении частоты от рабочей, определение КЗ в полуволновых линиях, КПД и потери на корону. Были выявлены особенности поведения полуволновых линий электропередач, в том числе и на повышенных частотах. Коротко эти особенности сводятся к следующему:

- увеличение пропускной способности линии до $(2 - 3,5) P_{\text{нат}}$ при относительно малом возрастании потерь;
- повышение КПД. Например, при одинаковой мощности, КПД составил у полуволновой линии на частоте 150 Гц 87% против 84,3% при передаче с частотой 50 Гц;
- у полуволновой линии ток в середине линии почти не меняется при изменении нагрузки и равен примерно $I_{\text{нат}}$, при этом меняется напряжение на линии;
- при поддержании напряжения неизменным по концам линии ток зависит от нагрузки;
- хотя потери на корону возрастают при частоте 150 Гц примерно в 2 раза, а при частоте 300 Гц, соответственно, примерно в 3 раза, среднегодовые потери, в большинстве случаев, уменьшаются. Это происходит из-за сильной зависимости напряжения в линии от нагрузки: напряжение снижается при снижении нагрузки, так, что при недогрузке из-за снижения напряжения корона вообще отсутствует. В обычных линиях, наоборот: при снижении нагрузки напряжение возрастает и потери на корону возрастают;
- при наличии регуляторов с высоким коэффициентом усиления, поддерживающих напряжение в начале линии в установленном режиме, можно считать, что все элементы передачи за пределами точек поддержания постоянства напряжения не влияют на волновую длину линии;
- случайные изменения частоты в системе на $\pm 5\%$ не приводят к необходимости снижать передаваемую мощность против $(2 \div 3) P_{\text{нат}}$.

Таким образом, было показано, что полуволновые линии электропередач могут представлять большой практический интерес, который особенно возрос, когда начали вплотную осваиваться сверхдальние передачи электрической энергии [3, 4].

В соответствии с названием полуволновые режимы на промышленной частоте 50 Гц возникают на некомпенсированных линиях, если их протяжённости достигают $(2930 \div 2980)$ км. На рис. 1 представлено распределение напряжения (кривая 1) и тока (кривая 2) вдоль линии 1150 кВ длиной 2500 км. Необходимо обратить внимание на характер этого распределения. Напряжение в середине достигает столь высоких значений, что делает невозможной нормальную работу линии как по условиям прочности изоляции, так и по условиям короны. Начиная с длины линии 2300 км, токи на концах линии достигают предельных значений по нагреву проводов, а при увеличении длины свыше 2300 км превышают эти значения, что также делает невозможной эксплуатацию такой линии. Отмечается, что чем ближе длина линии к полуволновой, тем стремительнее нарастают экстремальные значения токов и напряжения, как это происходит при приближении к точке резонанса. Рисунок 1 и пояснение к нему приведены по материалам [3, с. 114–115].

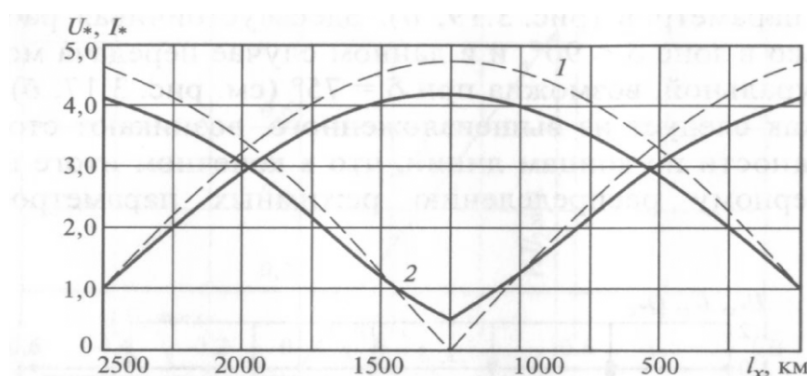


Рис. 1. Распределение напряжения (кривая 1) и тока (кривая 2) вдоль линии 1150 кВ длиной 2500 км при передаче наибольшей мощности (сплошные линии) и на холостом ходу (штриховые линии)

Специфичное поведение напряжения и тока вдоль линии можно объяснить тем, что вдоль линии возбуждаются стоячие волны напряжения и тока. При допущении отсутствия потерь в линии их можно описать системой уравнений:

$$\begin{cases} \dot{U}_x = \dot{U}_2 \cos(\beta_0 l_x) + j \dot{I}_2 Z_0 \sin(\beta_0 l_x) \\ \dot{I}_x = \dot{I}_2 \cos(\beta_0 l_x) + j \frac{\dot{U}_2}{Z_0} \sin(\beta_0 l_x), \end{cases} \quad (1)$$

где \dot{U}_x, \dot{I}_x – комплексы напряжения и тока в точке, отстоящей от конца линии на расстоянии l_x , В, А; l_x – расстояние рассматриваемой точки от конца линии, м; \dot{U}_2, \dot{I}_2 – комплексы напряжения и тока в конце линии, В, А; j – мнимая единица, $(\sqrt{-1})$; β_0 – фазовая постоянная распространения электромагнитной волны вдоль линии, $\beta_0 = \frac{2\pi}{\lambda}$, м^{-1} ; Z_0 – волновое (характеристическое) сопротивление линии, Ом.

Действительно, при выборе общей длины передачи электрической энергии l такой, чтобы аргумент образующей функции стал равным

$$\beta_0 l = \pi,$$

вдоль всей длины l уложится половина длины волны $\lambda / 2$. Откуда

$$l = \lambda / 2.$$

При этом (1) обратится в равенство:

$$\begin{cases} \dot{U}_x = \dot{U}_1 = -\dot{U}_2 \\ \dot{I}_x = \dot{I}_1 = -\dot{I}_2, \end{cases} \quad (2)$$

где \dot{U}_1 и \dot{I}_1 – напряжение и ток в начале линии передачи. Значит, у полуволновой линии электропередачи напряжения и токи начала и конца линии равны между собой по модулю и противоположны по знаку.

Определим величины напряжения и тока в середине полуволновой линии. Для этого в (1) положим $l_x = \lambda / 4$:

$$\begin{cases} \dot{U}_x = \dot{U}_{\text{сеп}} = j\dot{I}_2 Z_0 \\ \dot{I}_x = \dot{I}_{\text{сеп}} = j \frac{\dot{U}_2}{Z_0}. \end{cases} \quad (3)$$

С помощью (2) и (3) можно формально выяснить поведение напряжений и токов в начале и середине линии при различных режимах нагружения ($\infty > Z_n > 0$), от холостого хода до короткого замыкания, включая режим, когда $Z_n = Z_0$ (натуральная нагрузка). Здесь Z_n – сопротивление нагрузки в конце линии (табл. 1).

Таблица 1. Значения напряжений и токов на полуволновой линии

Режим работы ПВЛ		Холостой ход $Z_n \rightarrow \infty$	Натуральный режим (согласованная нагрузка) $Z_n = Z_0$	Короткое замыкание $Z_n \rightarrow 0$
Начало линии	Напряжение, \dot{U}_1	$\dot{U}_1 = \dot{U}_r$	$\dot{U}_1 = \dot{U}_r$	$\dot{U}_1 = \dot{U}_r \rightarrow 0$
	Ток, \dot{I}_1	$\dot{I}_1 = \frac{\dot{U}_r}{Z_n} \rightarrow 0$	$\dot{I}_1 = \frac{\dot{U}_r}{Z_0}$	$\dot{I}_1 = \frac{\dot{U}_r}{Z_n} = -\dot{I}_{\text{кз}} \rightarrow \infty$
Середина линии	Напряжение, $\dot{U}_{\text{сеп}}$	$\dot{U}_{\text{сеп}} = 0$	$\dot{U}_{\text{сеп}} = \dot{U}_r$	$\dot{U}_{\text{сеп}} = \dot{U}_2 \frac{Z_0}{Z_n}$
	Ток, $\dot{I}_{\text{сеп}}$	$\dot{I}_{\text{сеп}} = \dot{I}_2 \frac{Z_n}{Z_0}$	$\dot{I}_{\text{сеп}} = \frac{\dot{U}_r}{Z_0}$	$\dot{I}_{\text{сеп}} = 0$
Конец линии	Напряжение, \dot{U}_2	$\dot{U}_2 = -\dot{U}_r$	$\dot{U}_2 = \dot{U}_r$	$\dot{U}_2 = -\dot{U}_r \rightarrow 0$
	Ток, \dot{I}_2	$\dot{I}_2 = -\frac{\dot{U}_r}{Z_n} \rightarrow 0$	$\dot{I}_2 = \frac{\dot{U}_r}{Z_0}$	$\dot{I}_2 = -\frac{\dot{U}_r}{Z_n} = \dot{I}_{\text{кз}} \rightarrow \infty$

Выражения для напряжений и токов, приведённые в табл. 1, показывают, что полуволновые линии обладают новыми, принципиально важными свойствами, а именно: при изменении сопротивления нагрузки в конце линии в диапазоне от холостого хода до короткого замыкания амплитуды напряжений и токов вдоль полуволновой линии изменяются от состояний, называемых пучностями, до состояний, называемых узлами. При прохождении через режим $Z_n = Z_0$ (натуральный режим) пучности и узлы напряжений и токов меняются местами. При натуральном режиме нагружения ($Z_n = Z_0$) вдоль полуволновой линии устанавливается бегущая волна. Если нагрузка против натуральной достигает 3-х крат и более, ток на концах линии

резко возрастает, а в середине линии падает, при этом напряжение в середине линии возрастает.

Графически изменения амплитуд напряжений и токов вдоль полуволновой линии представлены на рис. 2.

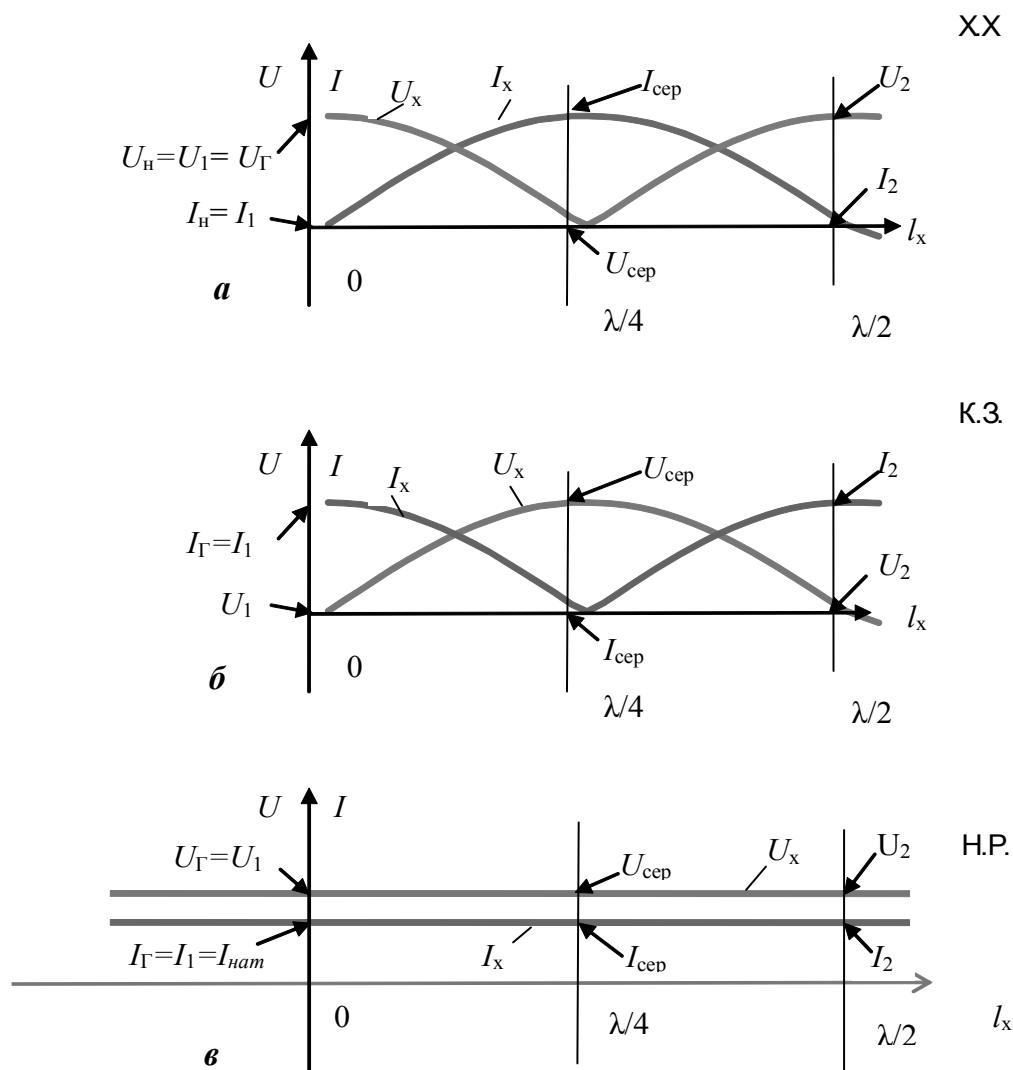


Рис. 2. Зависимости амплитуд напряжений и токов вдоль полуволновой линии при различных нагрузках:

a – режим холостого хода; *б* – режим короткого замыкания; *в* – режим натуральной нагрузки

Кривые *a* и *б* на рис. 2 качественно соответствуют кривым на рис. 1. Это означает адекватность приведенного описания поведения напряжений и токов в полуволновой линии результатам, приведённым на рис. 1, и полностью их объясняет.

Непостоянство амплитуд напряжений и токов на полуволновой линии, а также возрастание потоков реактивной мощности на концах полуволновых линий во всех режимах, кроме натурального, привело к тому, что разработчики и производители оборудования для линий дальних электропередач с целью подавления резонансных явлений пошли по пути применения источников реактивной мощности (ИРМ) и ещё более прогрессивных технологий на базе управляемых шунтирующих реакторов (УШР) [4, 5]. Интерес к полуволновым линиям передач и к их положительным свойствам, перечисленным выше, был утрачен.

Ставится задача: преобразовать полуволновую линию так, чтобы, не утратив ценных свойств линии в качестве транслятора энергии, исключить или уменьшить влияние её недостатков.

Синтезируем систему передачи электроэнергии (рис. 3) из трёх частей [6].

1. Передающая часть. Представляет собой четвертьволновый вибратор с заземлённым низкопотенциальным выводом.

2. Пространственно-протяжённая часть. Представляет собой проводниковую часть системы длиной l (расстояние между передающей и принимающей частями).

3. Принимающая часть. Представляет собой полный аналог передающей части, включённой зеркально.

В четвертьволновых вибраторах легко узнаётся известный с 1897 г. трансформатор Тесла [7].

В областях пучностей тока четвертьволновых вибраторов размещены обмотки накачки энергии на передающей стороне и слива её на принимающей стороне.

Рассмотрим подробнее структуру синтезированной системы передачи электроэнергии.

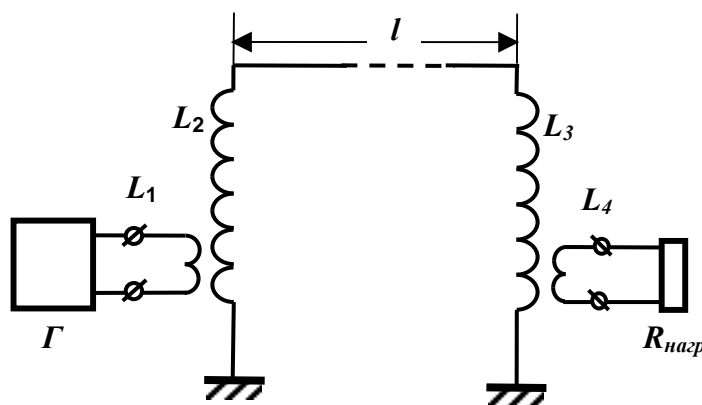


Рис. 3. Схема соединений элементов полуволновой системы передачи электроэнергии на трансформаторах Тесла:

l – передающая линия (на нее приходится 10% длины стоячей полуволны); L_2, L_3 – передающая и принимающая высоковольтные катушки трансформатора Тесла (на них приходится по 45 % длины стоячей полуволны); L_1, L_4 – накачивающая и сливная катушки системы передачи

Высоковольтная обмотка трансформатора Тесла с заземлённым низкопотенциальным выводом выполняет две функции – повышение тока в области пучности тока, т.е. на входе трансформатора, и повышение напряжения в области пучности напряжения, т.е. на выходе трансформатора. Высоковольтная обмотка представляет собой четвертьволновой отрезок, выполненный в виде спирали. Два встречно включённых трансформатора Тесла, соединённые высоковольтной линией l , образуют передающую полуволновую систему с заземлёнными с двух сторон низкопотенциальными выводами. Через питающую первичную обмотку накачки возбудим описанную полуволновую систему на частоте полуволнового резонанса f_0 . Между заземлениями возникнет полуволновая стоячая волна с пучностью напряжения в середине системы (т.е. на высоковольтной линии длиной l) и пучностями тока на концах системы (т.е. в областях накачки и слива энергии). Если обеспечить соотношение скоростей распространения электромагнитной энергии вдоль повышающих катушек трансформатора

Тесла и вдоль проводниковой части системы такое, чтобы на трансформаторах уложилось, например, 90% полуволны, то на высоковольтной линии будут укладываться остающиеся 10% (рис. 4). Вдоль всей системы передачи, образованной передающей высоковольтной катушкой, высоковольтной линией и принимающей высоковольтной катушкой (т.е. между заземлёнными низкопотенциальными выводами), естественно, уложится вся половина длины волны. При этом вдоль высоковольтной передающей линии l напряжение будет оставаться практически одинаковым (в силу слабой зависимости функции синуса от угла в области аргумента близкого к $\pi/2$). Таким образом, передающая линия l окажется в пучности напряжения, а низкопотенциальные части обеих катушек, соответственно, в областях пучностей тока. В этих же областях размещаются, как указывалось, катушки накачки и слива (низковольтные обмотки трансформаторов Тесла).

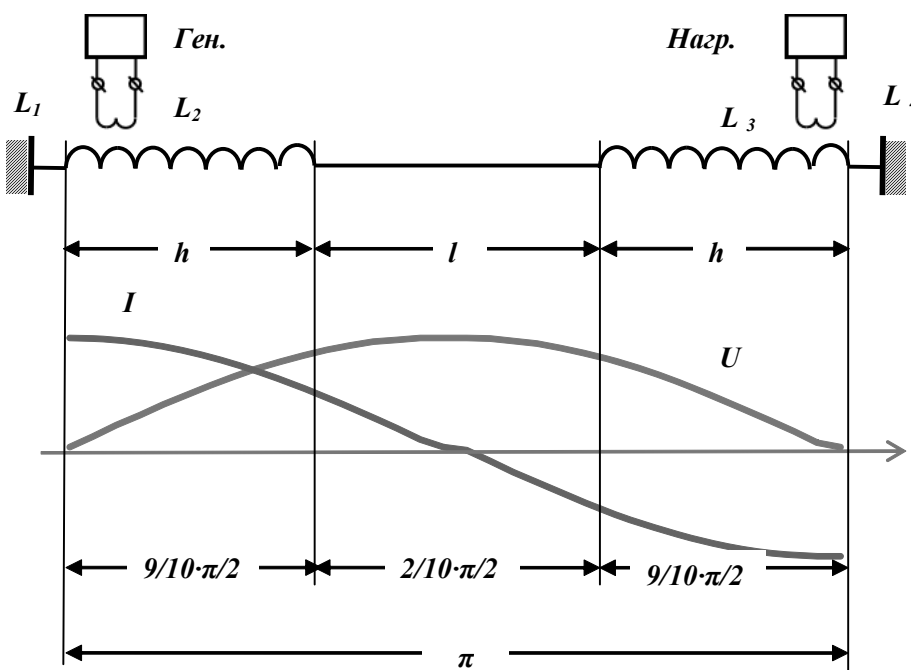


Рис. 4. Распределение напряжений и токов вдоль полуволновой системы передачи электроэнергии. Графики развёрнуты вдоль электрических углов стоячих волн напряжения и тока:

l – передающая линия; L_2, L_3 – передающая и принимающая высоковольтные катушки трансформатора Тесла; L_1, L_4 – накачивающая и сливная катушки системы передачи

Синтезированная система целиком удовлетворяет поставленной задаче: области с переменной величиной тока сосредоточены в трансформаторах, область с низким значением тока и высоким значением напряжения размещена на проводниковой части передающей системы (на линии l).

Описанный вариант реализации передающей системы наглядно показывает, что возможны способы передачи, принципиально отличающиеся от ныне широко используемых способов транспортировки электрической энергии и обладающие целым рядом преимуществ, иногда просто уникальных.

Применению трансформаторов Тесла для передачи электроэнергии посвящена монография [6].

Насколько синтезированная система передачи электроэнергии интересна с практической и теоретической сторон для случаев передач электрической энергии на небольшие расстояния (например, на 30 км)? Ответ на этот вопрос представляется особенно актуальным для сельских электросетей.

Рассмотрим в качестве примера секционированный вариант реализации структуры полуволновой системы. Пусть время прохождения волны вдоль проводниковой части линии l составляет, как и в приведенных предыдущих рассуждениях, 10% от длительности полупериода $T/2$. Тогда на каждый из трансформаторов Тесла будет приходиться

$$\frac{0,9}{2} \cdot \frac{T}{2}, [\text{с}].$$

Скорость волны вдоль высоковольтной катушки трансформатора Тесла длиной h должна быть равной

$$v_{\text{в}} = \frac{h \cdot 4}{0,9 \cdot T}, [\text{м/с}]. \quad (4)$$

В свою очередь скорость волны вдоль линии длиной l должна быть равной

$$v_{\text{л}} = \frac{l \cdot 4}{0,1 \cdot T}, [\text{м/с}]. \quad (5)$$

Учитывая, что $v_{\text{л}} \approx c$, где c - скорость света, время периода колебания тока из (5) составит

$$T = \frac{l \cdot 2}{0,1 \cdot c}, [\text{с}], \quad (6)$$

что требует применения питающего тока с частотой

$$f_0 = \frac{1}{T} = \frac{0,1 \cdot c}{2 \cdot l}, [\text{Гц}]. \quad (7)$$

Подставляя (6) в (4), получим значение скорости волны вдоль вибратора, выраженное через параметры системы передачи l, h :

$$v_{\text{в}} = \frac{h \cdot 4 \cdot 0,1 \cdot c}{0,9 \cdot l \cdot 2} = \frac{2h}{9l} \cdot c, [\text{м/сек}]. \quad (8)$$

Зададимся для иллюстрации длиной высоковольтной катушки $h = 3$ м. Тогда при заданном $l = 30$ км скорость волны в ней должна быть равной

$$v_{\text{в}} = \frac{2h}{9l} \cdot c = \frac{2 \cdot 3}{9 \cdot 3 \cdot 10^4} \cdot 3 \cdot 10^8 = 6,7 \cdot 10^3, [\text{м/с}].$$

Частота питающего тока по (7) определится так:

$$f_0 = \frac{0,1 \cdot c}{2 \cdot l} = \frac{0,1}{2 \cdot 3 \cdot 10^4} \cdot 3 \cdot 10^8 = 0,5 \cdot 10^3, [\text{Гц}].$$

Проблемой, с точки зрения перегрева провода в пучности тока, остаётся переменная амплитуда тока вдоль высоковольтной обмотки. Одним из способов решения этой проблемы может стать намотка высоковольтной катушки проводом переменного сечения (обмотка выполняется в виде нескольких последовательно включённых секций проводами различного диаметра), как рекомендовано в [8].

Был проведён эксперимент, в котором ставилась задача передать на расстояние 1300 м электроэнергию мощностью 30 кВт. Для оценки параметров резонансного

трансформатора использовались приведённые выше формулы. Частота переменного тока при передаче определялась по формуле (7):

$$f_0 = \frac{0,1 \cdot c}{2 \cdot l} = \frac{0,1 \cdot 3 \cdot 10^8}{2 \cdot 1,3 \cdot 10^3} = \frac{3 \cdot 10^7}{2,6 \cdot 10^3} = 11,5 \cdot 10^3, [\text{Гц}].$$



Рис. 5. Передающий генератор



Рис. 6. Резонансный трансформатор



Рис. 7. Спектр тока в катушке накачки передающего трансформатора

На рис. 5 представлен передающий генератор мощностью 30 кВт, на рис. 6 – передающий трансформатор. Осциллограммы (рис. 7) отображают спектр тока в катушке накачки передающего трансформатора.

Выводы

1. Полуволновые резонансные линии электропередачи много лет являются объектом пристального внимания электроэнергетиков. В широкой практике используются аperiодические линии. Развитие предрезонансных и резонансных явлений в этих линиях подавляется с помощью специальной аппаратуры.
2. Секционирование полуволновых линий с применением трансформаторов Тесла на передающей и принимающей сторонах позволяет улучшить целый ряд энерги-

чески важных свойств линий электропередач. Это – увеличение в 2 – 3 раза пропускной способности, увеличение КПД, снижение тока в линии, снижение напряжения в линии при увеличении нагрузки (режим осуществляется при поддержании напряжения на нагрузке), снижение среднегодовых потерь в линии на корону, устойчивое функционирование при повышенных частотах.

3. Произведена оценка некоторых параметров резонансного трансформатора. Выполнена экспериментальная полуволновая линия передачи на расстояние 1300 м энергии мощностью 30 кВт током с частотой 11,5 кГц.
4. Приведена запись спектра тока в канале накачки полуволновой резонансной системы.

Литература

1. Вульф А.А., Щербачёв О.В. О нормальном режиме компенсированных линий с полуволновой характеристикой // Электричество. 1946. № 4.
2. Соколов Н.И. Возможности передачи электроэнергии на большие расстояния // Известия АН РФ. Энергетика. 1998. № 3.
3. Рыжов Ю.П. Дальние электропередачи сверхвысокого напряжения: учебник для вузов. М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 488 с.
4. Александров Г.Н. Передача электрической энергии. СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2007. - 412 с. (Серия «Энергетика в политехническом университете»).
5. Повышение эффективности электросетевого строительства / А.А. Зевин, К.П. Крюков, А.И. Курносов и др.; Под ред. Н.Н. Тиходеева. – Л.: Энергоатомиздат, 1991. – 240 с.
6. Стребков Д.С., Некрасов А.И. Резонансные методы передачи и применения электрической энергии. Изд. 3-е, перераб и доп. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2008. – 352 с.
7. Пат. США № 593138 от 02.11.1897 г.
8. Патент РФ № 2337423. Электротехнический высокочастотный трансформатор / Стребков Д.С., Некрасов А.И., Верютин В.И., Трубников В.З., Роцин О.А. // БИ. 2008. № 30.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗОНАНСНОГО МЕТОДА ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ПО ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ТРУБОПРОВОДАМ

Академик Россельхозакадемии Д.С. Стребков, доктор техн. наук А.И. Некрасов,
В.З. Трубников (ГНУ ВИЭСХ)

Резонансная электротехнология дает возможность осуществлять передачу электрической энергии по стенкам стальных труб технологических трубопроводов на повышенной частоте. Схема реализации этого метода представлена на рис. 1.

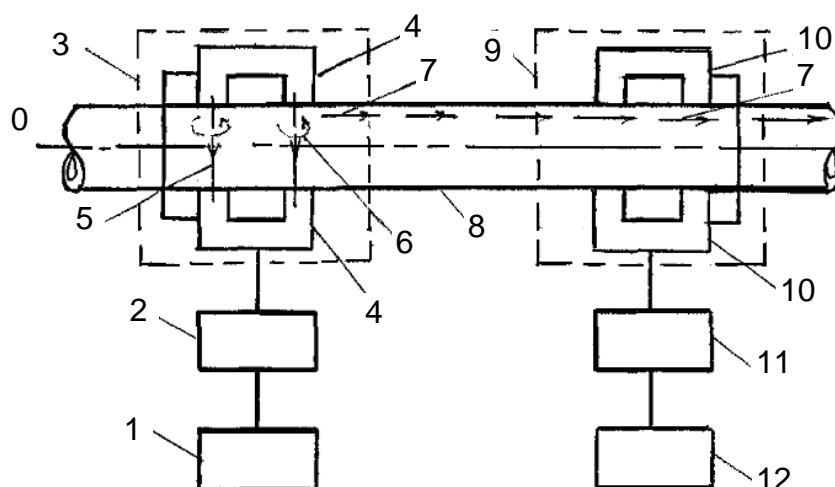


Рис. 1. Схема реализации резонансного метода передачи электрической энергии по стенкам стальных труб (пояснения в тексте)

Электрическую энергию от источника 1 подают на генератор тока повышенной частоты 2, который обеспечивает питание током повышенной частоты (0,3 ÷ 300) кГц передающую резонансную систему 3, состоящую из двух катушек возбуждения 4. Катушки возбуждения создают, благодаря встречно направленным магнитным потокам 5, переменное во времени вихревое электрическое поле 6, генерирующее поток электромагнитной энергии 7. Электромагнитная энергия передаётся вдоль трубы 8 и принимается на другом участке трубопровода 8 приемной системой 9, состоящей из двух принимающих катушек 10. Затем осуществляется обратное преобразование энергии электромагнитного поля в электроэнергию требуемого стандарта в преобразователе 11, которое подаётся на нагрузку 12.

Возбуждение электромагнитного поля производится на резонансной частоте системы. Вокруг магнитного потока \vec{B} внутри и снаружи трубы возникает переменное во времени вихревое электрическое поле \vec{E} . Наличие переменных магнитного \vec{B} и ортогонального к нему электрического \vec{E} полей порождает поток электромагнитной энергии \vec{P} вдоль трубы. Плотность потока электромагнитной энергии определяется вектором Умова – Пойнтинга

$$\vec{P} = \left[\vec{E} \times (\mu \cdot \mu_0 \cdot \vec{B}) \right], \left[\frac{\text{Дж}}{\text{м}^2 \cdot \text{сек}} \right].$$

Принимающая резонансная система конструктивно идентична передающей системе, в силу чего, оказываясь в потоке электромагнитной энергии, генерирует на выходных клеммах ЭДС, которую преобразовывают и используют для питания электроприборов, получения механической или тепловой энергии.

Изготовлена установка и проведены экспериментальные исследования резонансного метода передачи электрической энергии по стенкам лежащей на земле неизолированной стальной трубы для питания электроприемников-датчиков: напряжение – 3 В, ток – 20 мА, мощность – 60 мВт, которые устанавливаются на колонне из труб через каждые 6,5 м.

В экспериментальной установке для изучения эффекта переноса электрической энергии вдоль трубы применены плоские катушки, состоящие из трех секций. Конструкция, включающая пластиковую гильзу и две согласно включенные плоские, секционированные катушки, устанавливается на трубу. За счет имеющейся у гильзы упругости конструкция прочно фиксируется на трубе в необходимой точке и легко может быть перемещена в другую точку трубы, что приходится делать при снятии характеристик распределения потока энергии вдоль трубы. Приемная конструкция является точной копией передающей. При снятии характеристики прохождения энергии внутри трубы применены катушки аналогичной конструкции, но отформованные по внутреннему радиусу трубы. Для измерения ЭДС и напряжений, возбуждаемых на принимающих катушках в режиме работы на холостом ходу (х.х.) и при нагружении, был создан мобильный измерительный комплекс с автономным питанием на базе цифрового осциллографа PCS-500 и ноутбука (рис. 2).



Рис. 2. Измерительный комплекс с приемной катушкой

В качестве источников питания катушек, возбуждающих магнитное поле, использовался серийно выпускаемый промышленностью генератор гармонического напряжения Г4-65А (в режиме непрерывной передачи), а также специально изготовленный источник питания с напряжением на выходе в форме меандра (в режиме импульсного (ударного) возбуждения передающей катушки).

Рис. 3. Принципиальная схема электрических соединений испытательного комплекса при передаче электрической энергии по трубе

Для проверки эффекта переноса электрической энергии вдоль колонны из стальных труб, засыпанных сырым песком, с помощью «резонирующего» тока из низкочастотного вывода трансформатора Тесла собран действующий резонансный модуль. Он содержит два трансформатора Тесла, специальный блок питания и блок нагрузок.

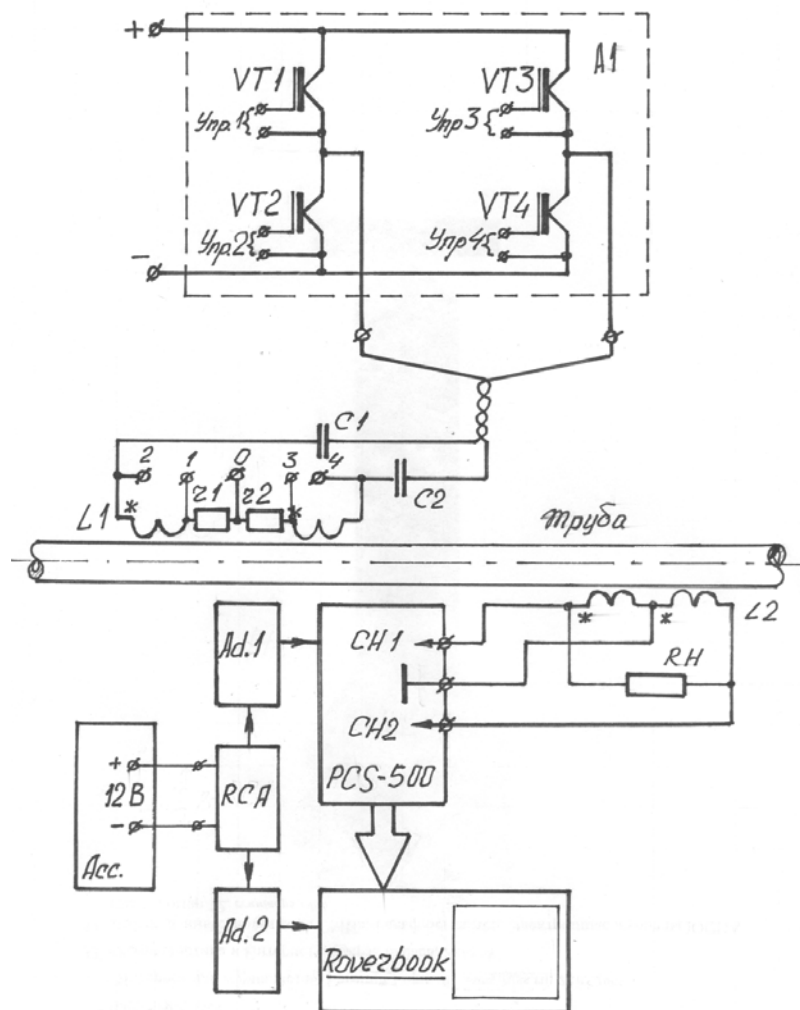
Принципиальная схема электрических соединений всего испытательного комплекса приведена на рис. 3.

Испытательный комплекс содержит следующие компоненты:

- выходной каскад питающего меандр-генератора;
- двухпроводный шлейф длиной 60 м, соединяющий генератор и передающую катушку;
- труба длиной 52 м;
- передающая катушка, размещенная на одном конце трубы;
- принимающая катушка;
- измерительный комплекс;
- блок автономного питания измерительного комплекса, содержащий блок бесперебойного питания с выходным напряжением 220 В, 50 Гц, аккумулятор с напряжением 12 В и электрозарядовой емкостью 100 А.ч (1200 Дж).

Такая схема питания измерительного комплекса обеспечивала надежную, независимую от промышленной сети, работу практически в течение рабочей недели, решала проблемы обеспечения электробезопасности для оператора, исключая необходимость работы с переносной мобильной розеткой на расстоянии, близком к 120 м, а также исключила влияние помех и наводок, вносимых проводами промышленной сети.

Цифровая осциллографическая приставка PCS-500 питается от блока бесперебойного питания RCA через адаптер Ad.1, соответственно, Roverbook - через адаптер Ad.2. Приемная катушка L2 нагружена на резистор R_н. Составляющие катушку L2 полуобмотки соединены между собой согласно. Симметричная конструкция катушек и



описанная схема соединения элементов позволила обеспечить высокую степень электрической симметрии.

Измерительные щупы осциллографической приставки оснащены входным переключаемым делителем напряжения с номиналами 1:1 и 1:10. Все измерения при проведении исследований производились с делением 1:10, что существенно снижало влияние щупа на измеряемую цепь (входная емкость щупа при состоянии делителя в положении 1:10 составляет примерно 1,0 pF).

Все элементы измерительного комплекса размещены на мобильной тележке, что позволило оперативно перемещать измерительный комплекс вдоль энерготранспортирующей трубы (расстояние около 60 м).

В режиме ударного возбуждения проведены эксперименты по передаче энергии по трубе длиной 39 и 58,5 м, а также при передаче энергии на приемную катушку, расположенную внутри трубы (на трубе длиной 13 м). При передаче энергии на приемную катушку, расположенную внутри трубы, передающая катушка располагалась снаружи трубы в ее середине.

Выводы

1. Проведенные эксперименты по переносу электрической энергии переменным гармоническим током повышенной частоты показали, что на некоторых частотах вдоль колонны труб, лежащих на земле, возникали резонансные волновые явления, приводящие к увеличению ЭДС, возбуждаемых в приёмных катушках, что компенсировало эффект затухания, порождаемый электрическими потерями.

2. Эксперимент с возбуждением передающих катушек напряжением с формой меандра показал, что увеличение напряжения питания катушек приводит к практически пропорциональному росту ЭДС на приёмных катушках. Это гарантирует возможность достижения необходимой мощности при передаче.

3. Рассмотренный метод передачи электрической энергии может найти широкое применение в различных областях инженерной практики при нетривиальных режимах электроснабжения. Для его практической реализации требуется проведение работ по конструированию передающих и принимающих катушек, а также специальных передающих генераторов и приемных устройств.

Литература

1. *Стребков Д.С., Некрасов А.И., Трубников В.З.* Полуволновые линии передачи электроэнергии на резонансных трансформаторах Тесла // XVIII Международный научный симпозиум «Перестройка естественности и энергетики – 2009». С-Петербург, 2009.
2. Патент РФ № 2172546. Способ и устройство для передачи электрической энергии / *Стребков Д.С., Авраменко С.В., Некрасов А.И.* // БИ. 2001. №23.
3. *Стребков Д.С., Некрасов А.И.* Резонансные методы передачи и применения электрической энергии. Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2008. – 352 с.

ОБОСНОВАНИЕ СРОКОВ ОБСЛЕДОВАНИЯ И РЕМОНТА ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Канд. техн. наук Ю.С. Борисов, доктор техн. наук А.И. Некрасов,
А.А. Некрасов (ГНУ ВИЭСХ)

В действующей системе ППРЭСх при эксплуатации электродвигателей (ЭД) предусмотрены две группы операций: техническое обслуживание и текущий ремонт [1]. Техническое обслуживание проводится на месте установки ЭД, текущий ремонт связан с его демонтажом и последующей разборкой, инструментальным обследованием, ремонтом и восстановлением в условиях специализированной мастерской или технического пункта. При текущем ремонте, в основном, занимаются подшипниковыми узлами (ПУ). Согласно ППРЭСх периодичности текущего ремонта ЭД для каждой определенной группы электрифицированных машин и механизмов, в зависимости от назначения объекта, установлены в 18 и 24 месяца. При этом не учитываются многие факторы, влияющие на надежность конкретных ПУ: характер работы приводных рабочих машин, тип механической передачи, условия окружающей воздушной среды, конструкция ПУ, особенности монтажа, неуравновешенность вращающихся масс, степень возможных перегрузок и вибраций, условия регулирования подшипников, марка смазки и способ ее подачи, колебания температуры ЭД, индивидуальные характеристики подшипников, применяемых в ЭД разных высот вращения, и др. Установленные в ЭД ПУ различаются типами, допусками в сопряжениях, точностью обработки поверхностей, допустимыми диапазонами механической нагрузки и вибрации. Такое многообразие факторов, несомненно, в разной степени влияет на надежность ПУ различных ЭД, а также одинаковых ЭД, но смонтированных на разных машинах.

Сроки обследования и ремонта ПУ целесообразно увязать с длительностью работы R_d до достижения зазорами в сопряжениях максимально допустимой величины, меньшей предельного зазора, при котором ПУ выходит из строя.

Координируемыми ВИЭСХ исследованиями выявлена математическая зависимость между размерами ресурса R до отказа ПУ асинхронных короткозамкнутых электродвигателей и скоростью изнашивания трущихся поверхностей [2]. Установлено, что эта скорость распределена по нормальному закону. Строго говоря, для каждого типа электрифицированной техники, в соответствии со спецификой ее конструкции и работы, существует своя скорость изнашивания. Однако такая статистика отсутствует. В проведенных исследованиях обобщались скорости по парку оборудования и определялись типовыми методами теории вероятностей и математической статистики 95%-е доверительные границы математического ожидания. Они были адресованы как ко всему парку оборудования, так и к отдельным его видам. Естественно, применительно к отдельным типам оборудования привносится определенная погрешность. Для ее нивелирования в дальнейшем используется правая (наибольшая) граница указанного доверительного интервала, позволяющая предусмотреть наихудший вариант развития неисправности ПУ применительно к любому типу рассматриваемой техники.

Рассчитаны R для всей основной номенклатуры ЭД серий 4А и АИР, применяемой в сельскохозяйственном производстве [3]. Исходя из значений максимально допустимых зазоров в сопряжениях [4], определены R_d , по окончании которых товаропроизводитель вправе ожидать отказ ПУ, к нему следует накопить средства для ремонта ЭД или приобрести новый [3]. Ввиду вероятностного характера всех зависимостей, можно рассчитывать в данном случае на то, что из каждых 100 ПУ 95 шт. прослужит в течение R_d безотказно. Доля R_d от R для разных ЭД составляет 0,7... 0,9, причем она возрастает с увеличением высоты оси вращения и мощности ЭД. По достижении R_d следует отсоединить ЭД от рабочей машины, измерить зазоры и сравнить их с нормируемыми [5]. Если величина зазоров достигла максимально допустимого значения, нужно в удобное для технологического процесса время направить ЭД в текущий ремонт, заменив на другой такой же (процесс не должен прерываться в течение одной-двух недель пребывания ЭД в ремонте).

В табл. 1 представлены значения R_d в месяцах. Они учитывают постоянное круглогодичное (8760 ч) воздействие на ПУ неблагоприятных факторов воздушной среды и неквалифицированных действий технологического персонала. Указанные значения могут использоваться в качестве сроков инструментального обследования и ремонта ПУ. В столбцах 4, 7, 10 и 13 приведены средние R_d , которые отличаются от объединяемых R_d обеих серий ЭД: для подшипников при клиноременной передаче на +5,8 (т.е. завышены), при соединении муфтой - на -5,2% (занижены); для посадочных гнезд при клиноременной передаче на -7,2%, при муфте - на +8,4%. Как следует из табл. 1, у одних ЭД R_d подшипников больше R_d гнезд, у других - наоборот. Аналогичная картина наблюдается и для обоих рассмотренных типов механической передачи. Поскольку надежность ПУ зависит от состояния как подшипников, так и посадочных гнезд, целесообразно при выборе единой для всего ПУ периодичности обследования и ремонта ориентироваться на наименьшую R_d , создавая определенный запас времени до появления отказа при оценке состояния ПУ (табл. 2). Например, для ЭД серии 4А с высотой оси вращения 112 мм, частотой вращения 1500 мин⁻¹ с клиноременной передачей для подшипников $R_{дп} = 28,62$ мес., для гнезд $R_{дг} = 52,12$ мес.: с соединением муфтой $R_{дп} = 31,96$ мес., $R_{дг} = 44,62$ мес. Из них для подшипников меньшей является первая, которая, будучи округленной до целого числа, фигурирует в табл. 2 (строка 8, столбец 2, знаменатель) $R_{дп} = 28$ мес. Для гнезд аналогичным рассуждением $R_{дг} = 45$ мес. (строка 8, столбец 3, знаменатель). В столбцах 6 и 7 указаны округленные по году и полугоду периодичности, а в столбце 8 - определенные таким же образом итоговые R_d .

Округления выполнены для удобства дальнейшего использования R_d - они должны соотноситься с периодичностями технического обслуживания ЭД и эксплуатацией самих рабочих машин. По табл. 2 видно, что в зависимости от высоты оси и частоты вращения, для условий сельскохозяйственного производства, в первую очередь животноводства, сроки проведения текущего ремонта ЭД находятся в широких пределах (от 18 до 108 мес.).

В табл. 3 представлены сроки проведения текущего ремонта ЭД для основного кормоприготовительного оборудования.

Таблица 1. Длительности работы подшипниковых узлов электродвигателей
до достижения максимально допустимых
величин зазоров в сопряжениях, мес.

Высота оси вращения, мм	Серия 4А						Серия АИР					
	подшипники			Посадочные гнезда			подшипники			посадочные гнезда		
	клино- ременная	муфта	средняя	клино- ременная	муфта	средняя	клино- ременная	муфта	средняя	клино- ременная	муфта	сред- няя
56	25,56	28,54	27,05	38,79	33,21	36,0	25,55	28,54	27,04	14,54	12,45	13,50
63	28,6 18,4	31,96 20,55	30,28 19,48	50,91 38,79	43,58 33,21	47,24 36,0	28,62 18,40	31,96 20,54	30,29 19,47	14,54	12,45	13,50
71	63,38 22,49	70,77 25,11	67,07 23,8	49,7 37,58	43,91 32,17	46,80 34,87	66,44 46,00	74,20 51,37	70,32 48,68	48,49 36,37	41,51 31,13	45,00 33,75
80	63,38 22,49	70,77 25,11	67,07 23,8	49,7 37,58	43,91 32,17	46,80 34,87	78,71 48,04	87,90 53,65	83,30 50,84	50,91 38,79	43,58 33,21	47,24 36,00
90	63,38 22,49	70,77 25,11	67,07 23,8	61,82 37,58	52,92 32,17	57,37 34,87	73,60 53,15	82,19 59,36	77,9 56,25	63,03 38,79	53,96 33,21	58,50 36,00
100	59,29 28,62	66,21 31,96	62,75 30,29	86,07 49,7	73,68 42,55	79,87 46,12	63,38 42,93	70,77 47,94	67,07 45,43	86,07 49,70	73,68 42,55	79,87 46,12
112	79,73 28,62	89,04 31,96	84,39 30,29	112,73 52,12	96,51 44,62	104,62 48,37	78,71 58,27	87,90 65,06	83,30 61,66	122,43 61,82	104,81 52,92	113,62 57,37
132	77,69 57,25	86,75 63,92	82,22 60,59	106,67 46,06	91,32 39,43	99,0 42,74	65,42 44,98	73,05 50,23	69,23 47,60	106,67 46,06	90,50 39,43	98,58 42,74

Высота оси вращения, мм		Продолжение таблицы 1													
		Серия 4А						Серия АИР							
		подшипники			Посадочные гнезда			подшипники			посадочные гнезда				
	клино-ременная	муфта	средняя	клино-ременная	муфта	средняя	клино-ременная	муфта	средняя	клино-ременная	муфта	средняя	клино-ременная	муфта	средняя
160	78,71	87,90	83,31	110,2	96,09	107,3	101,7	118,8	101,7	107,3	101,7	118,8	101,7	107,3	110,2
	58,27	65,07	61,67	76,5	75,65	84,47	70,56	82,43	80,06	84,47	80,06	82,43	80,06	84,47	76,5
		49,81	54,0	54,0				49,81	58,19				58,19	49,81	54,0
180	80,76	90,18	85,47	129,78	96,09	107,30	120,16	139,40	101,70	107,30	101,70	139,40	101,70	107,30	129,78
	60,31	67,35	63,83	73,12	75,65	84,47	67,45	78,79	80,06	84,47	80,06	87,85	80,06	84,47	73,12
		46,70	50,62	50,62				46,70	54,55				54,55	46,70	50,62
200	73,60	82,19	77,90	129,37	73,60	82,19	119,34	139,40	77,90	82,19	77,90	139,40	77,90	82,19	129,37
	53,16	59,36	56,26	95,62	53,16	59,36	88,21	103,04	56,26	59,36	56,26	103,04	56,26	59,36	95,62
		67,45	73,12	73,12			67,45	78,79				78,79		67,45	73,12
225	106,31	118,72	112,51	140,62	106,31	118,72	129,72	151,53	112,51	118,72	112,51	151,53	112,51	118,72	140,62
	85,86	95,89	90,87	95,62	85,87	95,89	88,21	103,04	90,87	95,89	90,88	96,98	90,88	95,89	95,62
		88,21	88,21	88,21			88,21	103,04				96,98		83,02	95,62
250	105,29	117,57	111,43	144,00	105,32	117,57	132,83	155,16	111,44	117,57	111,44	155,16	111,44	117,57	144,00
	84,84	94,74	89,79	98,99	102,22	94,74	91,32	106,67	98,48	94,74	98,48	106,67	98,48	94,74	98,99
		163,96	122,45	132,74	84,84	94,74	122,45	143,04	89,79	94,74	89,79	143,04	89,79	94,74	132,74
280	105,29	117,57	111,43	177,74	105,32	117,57	163,96	191,53	111,44	117,57	111,44	191,53	111,44	117,57	177,74
	84,84	94,74	89,79	132,74	84,84	94,74	122,45	143,04	89,79	94,74	89,79	143,04	89,79	94,74	132,74
		163,96	122,45	132,74	84,84	94,74	122,45	143,04	89,79	94,74	89,79	143,04	89,79	94,74	132,74

Примечание: числитель – для частоты вращения 3000 мин⁻¹, знаменатель – для 1000 и 1500 мин⁻¹; двойная дробь обозначает: числитель – для 3000 мин⁻¹, среднее число дроби – для 1500 мин⁻¹, нижнее число – для 1000 мин⁻¹.

Таблица 2. Сроки обследования и ремонта элементов подшипниковых узлов электродвигателей, мес.

Высота оси вращения, мм	Серия 4А		Серия АИР		Обе серии (4А и АИР)		Итого
	Подшипники	Гнезда	Подшипники	Гнезда	Подшипни- ки*	Гнезда*	
56	26	33	26	16	24	18	18
63	29/18	44/33	29/18	16	30/18	18	18
71	63/22	44/32	66/46	41/31	66/24(48)	42/30	42/24(30)
80	63/22	44/32	79/48	44/33	60(78)/ 24(48)	42/30	42/24
90	63/22	53/32	74/53	54/33	60(72)/ 24(54)	54/30	54/24(30)
100	59/28	74/43	63/43	74/43	60/30(42)	72/42	60/30(42)
112	80/28	96/45	79/58	105/53	78/30(60)	102/42(54)	78/30(54)
132	78/57	91/39	65/45	90/39	78(66)/ 54(42)	90/36	78(66)/36
160	79/58	102/70/50	96/76	102/71/50	78(96)/ 60(78)	102/72/48	78(96)/60 (72)/48
180	81/60	120/67/47	96/76	119/67/47	78(96)/ 60(78)	120/66/48	78(96)/ 60(66)/48
200	74/53	11988/67	74/53	119/88/67	72/54	120/90/66	72/54/54
225	106/86	130/88	106/86	104/83	108/84	126(102)/ 84	108(102)/ 84
250	105/85	133/91	105/95	133/91	102(84/90)	132/90	102/84(90)
280	105/85	164/122	105/85	164/122	102/84	162/120	102/84

Примечания:

1. В круглых скобках – для серии АИР;
2. Числитель – частота вращения 3000 мин⁻¹, знаменатель – 1000 и 1500 мин⁻¹; двойная дробь: числитель – 3000 мин⁻¹, среднее число – 1500 мин⁻¹, знаменатель – 1000 мин⁻¹;
3. Периодичности относятся к клиноременной передаче и соединению муфтой.
4. В столбцах со звездочкой представлены периодичности, округленные по году и полугоду;
5. В столбце «Итого» указаны наименьшие из периодичностей для подшипников и посадочных гнезд.

Таблица 3. Сроки проведения обследования и ремонта подшипниковых узлов электродвигателей оборудования для кормопроизводства, мес.

Наименование и тип рабочей машины	Электродвигатель		Периодичности текущего ремонта		
	Высота оси вращения, мм	Количество, шт..	Подшипники	Посадочные гнезда	ИТОГ
1	2	3	4	5	6
Транспортеры для корнеклубнеплодов:					
ТК – 3	80	1	24/48	30	24/30
ТК – 5	90	3			
ТПК -5/10	80	2			
Скребковый транспортер ТС – 40С	90	1			
Питатель концкормов ПК -60	80	1			
Питатель сеной муки ПСМ-10	90	1			
Скребковый транспортер ТС-40М	100	1	30/42	42	30/42
Мойка-корнерезка МРК-5,0	100	1			
Корнерезка КПИ-4	100	1			
Смеситель мелассы СМ -1,7	100	2			
Запарник ЗПК-4	100	3			
Скребковые конвейеры: ТСЦ-25/15, ТСЦ-25/35, ТСЦ-25/50, ТСЦ-50/15, ТСЦ-50/25	112	1	30/60	42/54	30/54
Питатель-дозатор грубых кормов ПДК-10	112	1			
Варочный котел ВКС-3М	112	1			
Транспортер для корнеклубнеплодов ТК-5Б	100	1	30/42	42	30/42
Скребковые конвейеры ТСЦ 50/50, ТСЦ-100/25, ТСЦ-50/35	132	1	54/42	39	36
ТСЦ -100/50	160	1	60/78	48	48
Кормоизмельчитель «Волгарь -5А»	180	1			
Скребковый конвейер ТСЦ -100/75	200	1	54	90	54
Измельчитель ИГК-30Б	200	1			
Измельчитель-смеситель ИСК-3	200	1			
Дробилка молотковая реверсивная А1ДДП	200	1	74	120	72
Соломосилосорезка РСС - 6Б	180	1	60/78	66	60/66

Продолжение табл. 3					
1	2	3	4	5	6
Дробилка-измельчитель ДИС-1М-1	180	1			
Измельчитель корне- плодов ИКС-5,0М	80	1	24/48	30	24/30
	132	1	54/42	36	36
Измельчитель- камнеуловитель ИКМ-5	100	1	30/42	42	30/42
	132	1	54/42	36	36
Смеситель-запарник С-2	112	1	30/60	42/54	30/54
	80	2	24/48	30	30/54
Варочный котел ВК – 1	100	1	30/42	42	30/42
	71	1	24/48	30	24/30
Смесители:					
С – 7 – 11	132	1	54/42	36	36
	112	2	30/60	42/54	30/54
	63	1	18	18	18
С – 3	112	1	30/60	42/54	30/54
	90	2	24/54	30	24/30
	63	1	18	18	18
С – 12 – 11	160	1	60/78	72	60/72
	71	1	24/48	30	24/30
Дробилки: Ф – 1М	180	1	81/96	120	78/96
	80	1	22/48	32	24/30
ДИС – 1М – 2	180	1	78/96	120	78/96
	80	2	24/48	30	24/30
ДБ – 5 – 2	180	1	78/96	120	78/96
	80	1	24/48	30	24/30
ДИС – 1М – 2	180	1	60/78	66	60/66
	90///	2	24/54	30	24/30
Агрегаты для пригото- вления кормовых смесей:					
: АПК – 10А	200	1	54	66	54
	100	3	30/42	42	30/42
	80	1	24/48	30	24/30
АПС – 6	132	1	54/42	36	36
	100	2	30/42	42	30/42
	71	1	24/48	30	24/30
Агрегат картофе- запарочный АЗК – 3	100	3	30/42	42	30/42
	90	1	24/54	30	24/30
	80	1	24/48	30	24/30
	71	2	24/48	30	24/30
	63	2	18	18	18
Агрегат для пригото- вления хлопьев из зерна ПЗ – 3	160	2	60/78	72	60/72
	80	2	24/48	30	24/30
	71	2	24/48	30	24/30
	71	1	66	42	42
Примечания:					
1. Числитель – 4А, знаменатель – АИР; единое число – обе серии.					
2. Столбцы 4 и 5 – периодичности округлены в годовой и полугодовой кратности.					
3. Периодичности относятся к клиноременной передаче и соединению муфтой.					
4. В столбце «Итог» указаны наименьшие из периодичностей относительно подшипников и поса- дочных гнезд.					

Предлагаемые сроки позволяют экономить трудовые и материальные ресурсы, особенно для крупных ЭД. Например, на установленном на измельчителе ИГК-30Б электродвигателе 4A200L мощностью 30 кВт, частотой вращения 1000 мин^{-1} , массой 310 кг ПУ должен обследоваться и ремонтироваться через 54 мес. (4,5 года). При этом он демонтируется, доставляется в мастерскую или пункт технического обслуживания, разбирается, подвергается инструментальному обследованию (в том числе измеряются зазоры), ремонтируется (в частности, заменяются критические подшипники, восстанавливаются изношенные посадочные места), испытывается, возвращается на объект, монтируется, проверяется под нагрузкой и запускается в эксплуатацию. Если ориентироваться на действующую систему ППРЭСх, то перечисленные операции должны быть проведены через 24 мес. (2 года). Высока вероятность того, что при обследовании ПУ выяснится, что он в полном порядке и все затраты напрасны. К тому же повторная сборка ЭД неизбежно приводит к значительным отклонениям реальных допусков от нормируемых (счет идет на микроны) из-за отсутствия должной квалификации у персонала и низкого технологического уровня и оснащения ремонтных предприятий. Кроме того, новая центровка ЭД требует большого опыта и хороших навыков, которые, как правило, у сельского персонала отсутствуют. Повторная приработка деталей данного ЭД сопровождается их интенсивным изнашиванием. Все это существенно снижает эксплуатационную надежность ЭД и уменьшает срок его службы.

Представляется целесообразным следующий порядок эксплуатации подшипниковых узлов электродвигателей:

- непосредственно перед монтажом ЭД безразборным методом (например, приспособлением КИ-6178) замеряются зазоры, их величина вместе с датой фиксируется в акте предпусковых испытаний ЭД;

- во время технического обслуживания ЭД с периодичностью 3...6 мес. в конце рабочего цикла и полной номинальной нагрузке рабочей машины замеряют степень нагрева ПУ. Максимальная рабочая температура не должна превышать температуру окружающего воздуха более чем на $45 \dots 50^\circ\text{C}$, при этом абсолютное ее значение – не более 80°C . Для этого используются термометры СП-2К, термопреобразователи сопротивления ТСМ, ТСП, ТДВ, термпары ТХА, ТХК, ТПП или другие средства. В случае повышения температуры принимают меры по устранению причины: очищают от пыли и грязи, устраняют завалы ЭД перерабатываемым материалом, подтягивают крепления, регулируют натяжение приводного ремня, организуют запуск электропривода на холостом ходу с последующей нагрузкой рабочей машины, уточняют соосность валов, обеспечивают номинальную нагрузку технологического оборудования и др. Тогда же прослушивают с помощью обычных, электрических, мембранных или электронных SKF, TMST стетоскопов шумы работающего ЭД. Свистящий звук свидетельствует о недостаточном количестве или о загрязнении смазки подшипников. Иногда вследствие неудовлетворительной смазки шум подшипников может переходить в глухой прерывистый звук. Поврежденный сепаратор издает звуки, похожие на грохот. Исправный ЭД работает с ровным глухим шипящим звуком, наличие резкого

металлического дребезжания указывает на неисправность подшипника. Осмотром и органолептически оценивается также состояние подшипниковых щитов и крышек, станины, лап, фланца, клеммной коробки, вентилятора и его кожуха, посадки шкива или полумуфты;

- по окончании времени, равного $0,5 R_d$, а затем R_d , необходимо современными приборами оценить степень износа ПУ и принять решение о необходимости текущего ремонта. В настоящее время компанией «Промприбор» (г. Екатеринбург) освоен выпуск портативного прибора-индикатора дефектов подшипников ФВДАЛ-2-3МТ, обеспечивающего безразборный контроль подшипников работающего ЭД, обнаружения и оценки степени износа дорожек и тел качения, режима смазки, теплового состояния подшипников. Его щуп или магнитный датчик устанавливается непосредственно на корпусе в месте посадки подшипника. В течение 2...3 сек считывается результат, который отражается на оцифрованном от 0 до 25 стрелочном индикаторе прибора. Результат измерения можно проконтролировать и подтвердить прослушиванием через наушники в режиме «НЧ». Предусмотрена возможность отсеять все шумы и услышать только дорожку подшипника, т.е. проанализировать состояние сепаратора, тел и дорожек качения, В режиме «ВЧ» с регулированием громкости можно прослушать весь ЭД и приводной механизм в любой точке и определить режим трения не только в подшипниках, но и в других элементах агрегата, т.е. прибор весьма универсален. Его основные параметры приведены в табл. 4.

Таблица 4. Показатели технического состояния контролируемых подшипников

Показания	0...2	2...3	3...6	6...10	11...17	18...21	21...25
Состояние	отличное	хорошее	нормальное	слабый дефект	средний износ	сильный износ	очень сильный износ, возможен отказ
Прослушивание в режиме «НЧ»	не прослушивается		может слабо прослушиваться	начинает прослушиваться	отчетливо прослушивается	слышен «грохот» тел качения по дорожке	слышен очень сильный «грохот»

Частота вращения контролируемых агрегатов от 50 до 4100 мин⁻¹. Питание прибора от двух источников 29 В, габаритные размеры 165x85x124 мм, масса 1,5 кг, срок службы – не менее 10 лет, гарантийный срок – 1 год. Такой прибор, ввиду его дороговизны (порядка 35 тыс. руб.), целесообразно иметь в крупных централизованных сервисных службах, обслуживающих сельскохозяйственную технику (не только электрифицированную) достаточно больших регионов.

Оценка состояния подшипников может производиться цифровым прибором КОНТЕКТ-77Д11, измеряющим ударные импульсы, вызванные столкновением двух

металлических тел, на резонансной частоте датчика 28...32 кГц. Регулярные измерения позволяют определить качество смазки, установить необходимость замены подшипника, обнаружить начало повреждения в ПУ. В функциях прибора предусмотрена работа в режиме тахометра.

Сроки проведения текущего ремонта ЭД целесообразно согласовать со сроками ремонта технологического оборудования. Это позволяет, во-первых, сократить общую длительность ремонтов техники, во-вторых, можно отсоединить ЭД от рабочей машины для более тщательного его обследования, в частности, измерения зазоров и сравнения их с нормируемыми значениями [3, 5]. В случае необходимости допустимо корректировать периодичность ремонта ЭД и рабочей машины на 1...2 недели в сторону уменьшения или увеличения в целях удобства эксплуатации всего агрегата.

Литература

1. Система планово-предупредительного ремонта и технического обслуживания электрооборудования сельскохозяйственных предприятий. М.: Агропромиздат, 1987.
2. Буторин В.А., Борозенцев С.Н. К вопросу зависимости скорости изнашивания подшипниковых узлов асинхронных электродвигателей от действующих на нее факторов // Труды ЧИМЭСХ. Вып. 143. Челябинск, 1978.
3. Борисов Ю. С., Некрасов А.И., Некрасов А.А. Анализ ресурса подшипниковых узлов электродвигателей сельскохозяйственного производства // Вестник ВИЭСХ. Энергетика и электротехнологии в сельском хозяйстве. Вып. 1(4). М.: ГНУ ВИЭСХ, 2009.
4. Андриец В.К., Таран В.П., Евлантьев В.А., Бучная Л.О., Левченко В.М., Юртаев Ю.М., Шкарбут Е.Н. Электродвигатели асинхронные. Руководство по текущему ремонту. М.: ГОСНИТИ, 1985.
5. Борисов Ю.С., Некрасов А.А. Оценка полного и остаточного ресурсов подшипниковых узлов электродвигателей // Вестник МГАУ им. В.П. Горячкина. Агроинженерия. № 2 (27). М.: МГАУ, 2008.

ОЦЕНКА ЗАГРУЗКИ ЭЛЕКТРОМОНТЕРОВ ОПЕРАТИВНОЙ СЛУЖБЫ ПРИ СЛУЧАЙНОМ ПОТОКЕ ТРЕБОВАНИЙ НА ОБСЛУЖИВАНИЕ

Доктор техн. наук Н.Н. Сырых, канд. техн. наук С.Б. Осипов
(ГНУ ВИЭСХ)

При использовании электрооборудования и электроустановок по назначению основным содержанием эксплуатационных мероприятий является профилактическое и аварийное (оперативное) обслуживание, направленное на снижение интенсивности отказов изделий, обеспечение нормативных сроков их службы (профилактическое обслуживание) и снижение простоев электрифицированных технологических процессов при возможных отказах комплектующего электрооборудования и обоснованных затратах на его восстановление (оперативное обслуживание).

При решении поставленных задач возникает вопрос об оптимальном числе электромонтеров – ремонтников оперативной службы. Если электромонтеров много, то восстановление отказавшего электрооборудования происходит быстро и потери от простоев электропривода невелики, но зато на оплату труда электромонтеров затрачивается больше средств. Если же этих рабочих мало, расходы на их содержание большие, но зато увеличиваются потери от простоев электрифицированных технологических процессов. Естественно, возникает задача об оптимальном числе электромонтеров, при котором суммарные потери будут минимальными.

Рассмотрим решение задачи в общем виде в другой постановке: если электромонтер оперативной службы обслуживает, например, электропривод технологических процессов, то можно искать оптимальное число электроприводов, для которого суммарные потери будут минимальными. При этом будем иметь в виду виды работ, которые заранее трудно прогнозируются, т.е. их появление носит случайный характер (отказы электрооборудования и работы, возникающие в порядке текущей эксплуатации). Возможность привлечения электромонтеров оперативной службы для выполнения заранее запланированных работ (совмещение) требует применения весьма сложных немарковских моделей оптимизации, хотя выводы о нагрузке электромонтеров остаются такими же, как и при упрощенном рассмотрении простейших моделей со случайными потоками требований на обслуживание.

Допустим, что один электромонтер обслуживает n электроприводов. Законы распределения времени безотказной работы электропривода и времени его восстановления (ремонта) экспоненциальные с известными параметрами λ и μ . Следовательно, потоки требований на обслуживание и обслуженных электроприводов являются пуассоновскими. Если в момент отказа электропривода электромонтер свободен, то он немедленно начинает его ремонт. Если же в момент отказа электропривода электромонтер занят, то этот электропривод ждет своей очереди на обслуживание.

Состояние парка электроприводов (например, сельскохозяйственного предприятия) будет характеризоваться числом неисправных (отказавших) электроприводов в момент времени t . В такой постановке задача полностью вписывается в простейшую математическую модель одноканальной замкнутой системы массового обслуживания.

Нахождение стационарных (предельных) вероятностей процесса, в некотором состоянии P_k ($k = 0, 1, 2, \dots, n$): P_0 – все электроприводы работают, электромонтер свободен; P_1 – один электропривод останавливается (отказ), электромонтер занят устранением отказа; P_2 – два электропривода остановились (отказали), электромонтер занят устранением отказа (не закончил устранение отказавшего предыдущего электропривода), отказавший электропривод становится в очередь и ожидает, когда электромонтер освободится, и т.д.

Как показано в [1, 2], вероятности состояний определяются по выражениям:

$$P_k = \frac{n! \rho^k}{(n-k)!} P_0; \quad \rho = \frac{\lambda}{\mu} \quad P_0 = \left[P_1 + \sum_{k=2}^n P_k \right]^{-1}. \quad (1)$$

Допустим, что каждый электропривод за единицу времени работы дает доход, равный C , и зарплата электромонтера также за единицу времени составляет C_0 , тогда средний доход от работы всех n электроприводов за единицу времени составляет

$C \sum_{k=0}^n (n-k) P_k - C_0$, а средний доход за единицу времени, который дает один электропривод, равен:

$$C_n = \frac{C \sum_{k=0}^n (n-k) P_k - C_0}{n}. \quad (2)$$

Оптимальным числом электроприводов, обслуживаемых одним электромонтером, будет то, при котором удельный доход C_n будет максимальным.

Выполненные конкретные расчеты при различных соотношениях затрат C и C_0 показывают, что зависимость C_n от n примерно имеет вид, изображенный на рис.1, т.е. до некоторого номера n_0 удельный доход возрастает, а потом убывает. Число n_0 и является оптимальным числом электроприводов, приходящихся на одного электромонтера.

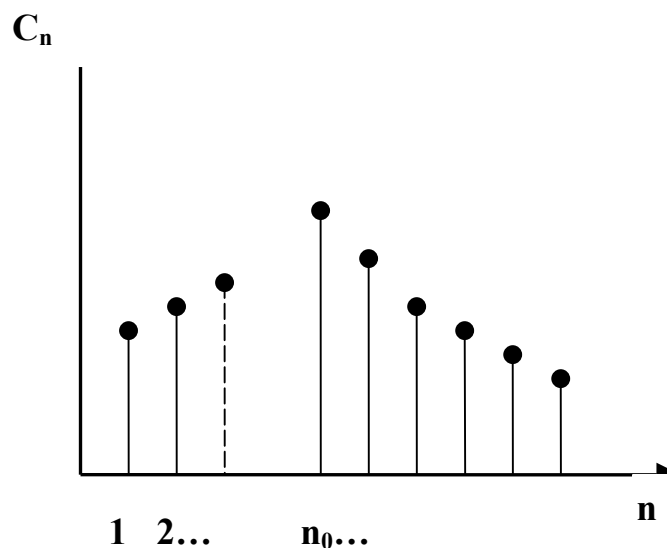


Рис. 1. Зависимость среднего удельного дохода, который дает один электропривод от числа обслуживаемых одним электромонтером

Этот пример опровергает распространенное среди неспециалистов мнение о том, что чем больше электрооборудования обслуживает один электромонтер, тем лучше. Это совершенно не так – при большом числе электрооборудования убытки от простоя становятся намного выше экономии на заработной плате.

Теперь рассмотрим вопрос о загруженности электромонтера. Величина P_0 означает вероятность того, что в системе не будет ни одного простаивающего электропривода. Эта вероятность может быть истолкована как вероятность того, что электромонтер будет свободен. Поскольку в данном случае $r=1$, то коэффициент простоя электромонтера совпадает с P_0 , а его загруженность составляет $K_3 = 1 - P_0$.

В системах массового обслуживания (СМО) исключительную роль в вопросах оценки загруженности электромонтеров играет величина $\rho = \lambda / \mu$. Она означает среднее число заявок, приходящееся на среднее время обслуживания одной заявки ($\rho = \lambda \bar{T}_{обс}$). В некоторых системах массового обслуживания, в частности в рассматриваемой нами (в так называемой “чистой” системе с ожиданием, т.е. без ограничения на очередь), не всегда существует предельный стационарный режим, а только при $\rho < 1$. При $\rho = 1$ характеристики системы становятся неустойчивыми. При этих значениях СМО может справиться с потоком заявок только, если этот поток регулярен (детерминированный) и время обслуживания тоже не случайное. В этом “идеальном” случае очереди в СМО вообще не будет, канал обслуживания будет непрерывно занят и станет регулярно выпускать обслуженные заявки (требования). Но стоит только потоку заявок или потоку обслуживаний стать случайным – очередь будет расти до бесконечности.

Сказанное иллюстрирует рис. 2, на котором изображены зависимости среднего числа требований в системе M_2 и среднего времени пребывания в системе t_{np} от величины ρ , вычисленные по формулам:

$$M_2 = n - \frac{1 - \rho}{\rho}; \quad \bar{t}_{np} = \frac{M_2}{\lambda}. \quad (3)$$

В “чистой” системе с ожиданием при $r > 1$ также не всегда существует предельный стационарный режим при $t \rightarrow \infty$. Такой режим существует только при $(\lambda / \mu) < 1$, т. е. когда число заявок, приходящееся на время обслуживания одной заявки, не выходит за пределы возможностей r -канальной системы обслуживания. Если же $\lambda / \mu \geq 1$, число заявок, стоящих в очереди, будет с течением времени неограниченно возрастать.

Казалось бы, при $\rho = 1$ к системе не предъявляется невыполнимых требований: за время обслуживания одной заявки в среднем приходит еще одна заявка, и все должно быть в порядке, а на самом деле не так. При $\rho = 0,9$ СМО работает на пределе своих возможностей, стоит немного увеличить время обслуживания, т.е. уменьшить μ , как она перестанет справляться с потоком заявок и очередь начнет расти неограниченно. Поэтому при $\lambda / \mu = 1$ число каналов обслуживания r должно быть 2, при $\lambda / \mu = 2$, $r=3$ и т.д. Отсюда ясно, почему загрузка каналов обслуживания при случайном потоке поступления требований на обслуживание и случайной величине времени обслуживания одной заявки принципиально не может быть достаточно высоким.

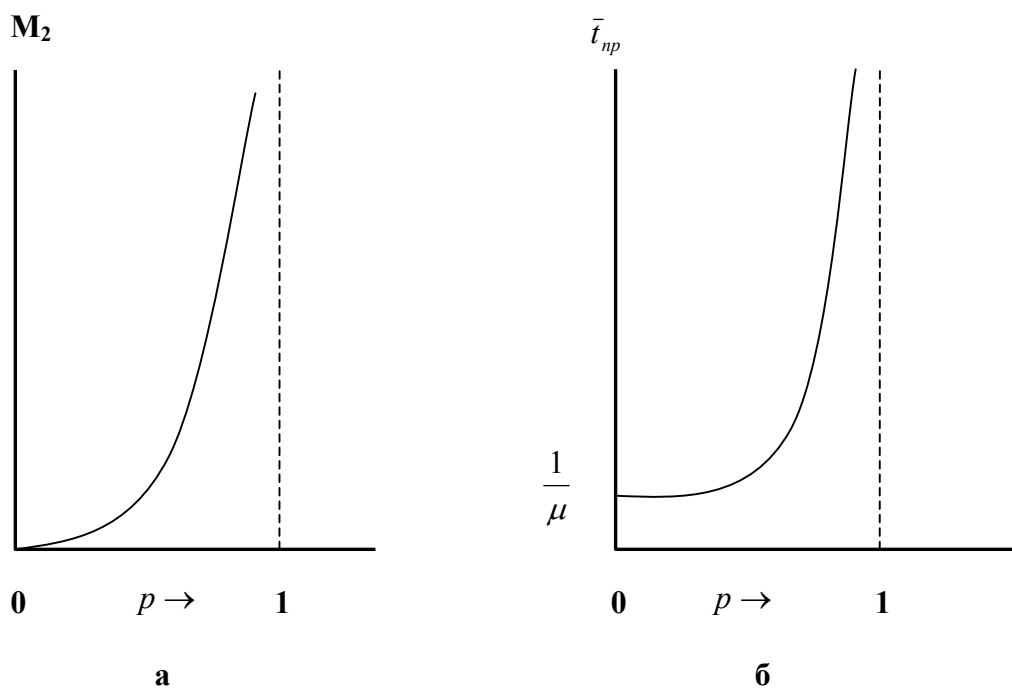


Рис. 2. Среднее число требований (а) и среднее время пребывания требования в системе (б) как функция ρ

Путем обследования сельскохозяйственных предприятий уточнена структура электротехнических служб, зафиксированы данные об оперативных работах, проводимых электромонтерами. Анализ собранных на предприятиях и имеющихся литературных данных позволил выявить и классифицировать виды работ по оперативному обслуживанию электрооборудования. Было подтверждено также, что оперативное обслуживание электроустановок заключается не только в устранении их выходов из строя, но и проведении других неплановых работ, непосредственно не связанных с авариями. В частности, к этим работам относятся требования на различного рода отключения, переключения, настройки, регулировки и т.п. Доля таких требований весьма велика и составляет от 43,8 до 61,8%. Широкий диапазон варьирования соотношения аварийных и неаварийных оперативных работ объясняется, во многом, различием в организации деятельности и укомплектованности электротехнических служб сельскохозяйственных предприятий. Перечень оперативных работ и их классификация приведены на рис. 3.

Разнообразие условий эксплуатации электрооборудования сельскохозяйственных предприятий весьма велико. Это обуславливается различием климатических зон, производственных направлений, занимаемых площадей, объема и структуры электрохозяйства, размещения электрооборудования по территории, укомплектованности кадрами, сложившихся уровней организации эксплуатации электроустановок и другими причинами. Перечисленные факторы оказывают значительное влияние на деятельность электротехнической службы при проведении оперативных работ и определяют исходные данные, с помощью которых рассчитываются характеристики оперативного обслуживания электрооборудования. Основные факторы и исходные данные, влияющие на характеристики оперативного обслуживания электрооборудования, приведены на рис. 4.



Рис. 3. Виды оперативных работ, проводимых электромонтерами электротехнической службы сельскохозяйственных предприятий

Рассмотрена также задача для многоканальной СМО с количеством электромонтеров $r \geq 1$. Для решения задачи с помощью имеющихся аналитических выражений теории массового обслуживания все электрооборудование сельскохозяйственного предприятия разбито на условные группы с приблизительно одинаковыми параметрами потоков отказов и времени обслуживания. Оптимальная численность электромонтеров определена с помощью экономического критерия. Для упрощения в критерии оставлены только те составляющие, которые зависят от численности электромонтеров оперативной службы.

Учитывая то, что характеристики оперативного обслуживания электрооборудования в системе и количество этого электрооборудования связаны с ущербами от простоев технологических процессов, а численность и коэффициент загрузки персонала оперативной службы – с затратами на содержание службы, удалось установить зависимость выбранного экономического критерия от показателей качества обслуживания. Принимая во внимание аналитические выражения [1] и необходимость минимизации экономического критерия, учитывающего ущербы и затраты на электромонтеров электротехнической службы, получим следующий вид критерия



Рис. 4. Основные факторы, влияющие на характеристики оперативного обслуживания электрооборудования сельскохозяйственных предприятий

$$Z = \left[\sum_{k=r+1}^n \frac{n!(k-r)}{r^{k-r}(n-k)!r!} \rho^k + \sum_{k=1}^r \frac{n!k}{k!(n-k)!} \rho^k + r \sum_{k=r+1}^n \frac{n!}{r^{k-r}(n-k)!r!} \rho^k \right] \times \\
 \times \left[\sum_{k=0}^r \frac{n!}{k!(n-k)!} \rho^k + \sum_{k=r+1}^n \frac{n!}{r^{k-r}(n-k)!r!} \rho^k \right]^{-1} Z + rC_0 \rightarrow \min, \quad (4)$$

где Z – средний ущерб в единицу времени от простоя технологических процессов при выполнении требований на оперативное обслуживание.

Оптимальный вариант (численность) оперативной электротехнической службы определяется при минимизации целевой экономической функции (4) путем перебора вариантов.

Учитывая [1], коэффициент загрузки электромонтеров оперативными работами определим из выражения

$$K_3 = 1 - \frac{1}{r} \sum_{k=0}^{r-1} \frac{(r-k)!n!}{k!(n-k)!} \rho^k \left[\sum_{k=0}^r \frac{n!}{k!(n-k)!} \rho^k + \sum_{k=r+1}^n \frac{n!}{r^{k-r}(n-k)!r!} \rho^k \right]^{-1}. \quad (5)$$

Получены коэффициенты загрузки персонала при оптимальной его численности для фиксированных значений ρ и n . Часть значений коэффициентов загрузки, в качестве примера, приведена в табл. 1.

Таблица 1. Коэффициенты загрузки электромонтеров оперативной электротехнической службы при оптимальной их численности

r , чел.	ρ	n , шт.	K_3
1	$2 \cdot 10^{-3}$	200	0,397
2	- " -	400	0,399
2	- " -	600	0,598
3	- " -	800	0,532
3	- " -	1000	0,665
4	- " -	1200	0,598

На основе выражений (4), (5) получено большое количество расчетных данных. Путем их анализа установлено, что для некоторых значений исходной информации величина затрат при достижении оптимальной численности персонала оперативной электротехнической службы снижается по сравнению с предыдущей величиной незначительно. В этом случае может оказаться целесообразным уменьшение количества электромонтеров по сравнению с оптимальным с целью достижения большего коэффициента их загрузки.

Другим способом повышения загруженности электромонтеров является проведение ими плановых работ в свободное от оперативного обслуживания электрооборудования время. При таком совмещении работ трудозатраты на оперативное обслуживание вычисляются из выражения

$$A = K_3 r \Phi,$$

где Φ - продолжительность рабочего времени в году.

Далее определена целесообразность специализации части электромонтеров электротехнической службы на проведении оперативного обслуживания электрооборудования. Для этого выполнено сравнение вариантов со специализацией и совмещением производства персоналом плановых и оперативных работ. Такое сравнение сделано при сопоставлении среднего свободного времени, которое остается у электромонтеров после проведения оперативного обслуживания электрооборудования T_c и среднего времени, необходимого для выполнения плановых работ на пункте технического обслуживания T_n .

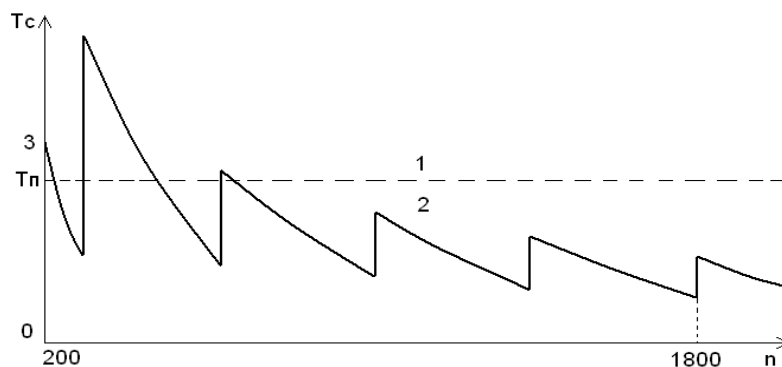


Рис. 5. Формы организации обслуживания электрооборудования:
1 - зона целесообразного совмещения персоналом службы плановых и оперативных работ; 2 - зона целесообразной специализации части электромонтеров службы на проведение оперативных работ

Среднее свободное время электромонтеров при оперативном обслуживании электрооборудования определяется из выражения

$$T_c = \frac{\bar{T}_{обс} (1 - K_3)}{K_3}. \quad (7)$$

Зависимости среднего свободного времени электромонтеров от количества электроприводов и формы организации их обслуживания при $\rho = 2 \cdot 10^{-3}$; $\bar{T}_{обс} = 2ч$; $T_n = 2,5ч$ представлены на рис. 5.

Результаты вычислений (7) и рис. 5 показывают, что при $T_c \geq T_n$ предпочтительным является совмещение персоналом выполнения плановых и оперативных работ. В том случае, когда $T_c < T_n$, представляется целесообразной специализация электромонтеров, определенной по формуле (4) численности, на оперативном обслуживании электрооборудования.

Литература

1. *Вентцель Е.С.* Исследование операций. М.: Советское радио, 1972. – 552 с.
2. *Гнеденко Б.В., Соловьев А.Д.* Математика и теория надежности. М.: Знание, 1982. С. 64.
3. *Клейнрок Л.* Теория массового обслуживания. М.: Машиностроение, 1979. – 432 с.
4. *Сырых Н.Н., Кабдин Н.Е.* Теоретические основы эксплуатации электрооборудования. М.: Агробизнесцентр, 2007. – 516 с.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ СИСТЕМ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ СЕЛЬСКИХ ЗДАНИЙ

Канд. техн. наук **О. В. Шеповалова**
(ГНУ ВИЭСХ)

Задачей математического моделирования комплексных систем энергообеспечения (КСЭО) является описание взаимосвязи параметров КСЭО различного уровня иерархии (подсистемы, ТС, элементы и узлы) и их влияния на конечные параметры КСЭО.

Рассмотрим ее как задачу определения экстремума целевой функции переменных $\mathbf{X}=(x_1, \dots, x_n)$:

$$L=L(x_1, \dots, x_n)=\sum_{j=1}^n c_j x_j,$$

при следующих ограничениях, наложенных на переменные (запись в векторной форме):

$$\sum_{j=1}^n \mathbf{A}_j x_j \leq \mathbf{B}_j, \quad x_n \geq 0, \quad k \leq n, \quad (1)$$

где $\mathbf{A}_j = \begin{pmatrix} a_{1j} \\ \vdots \\ a_{mj} \end{pmatrix}$ – j-й вектор-столбец условий функционирования КСЭО;
 $\mathbf{B}_j = \begin{pmatrix} b_1 \\ \vdots \\ b_m \end{pmatrix}$ – вектор-столбец ограничений функционирования КСЭО.

\mathbf{X} определяется некоторой совокупностью параметров системы \mathbf{p} и подсистемы (единичного процесса) \mathbf{p}_l :

$$\mathbf{X}_i \equiv \mathbf{p} = \left\{ \begin{matrix} p_i^1 \\ \cdot \\ \cdot \\ p_i^m \end{matrix} \right\} \text{ и } \mathbf{p} = \mathbf{p}_1 \cap \mathbf{p}_2 \cap \dots \cap \mathbf{p}_l.$$

Векторы \mathbf{A}_j в совокупности образуют матрицу $\mathbf{A} = \parallel a_{ij} \parallel$ условий функционирования. Вектор $\mathbf{X}=(x_1, \dots, x_n)$, удовлетворяющий системе условий (1), является планом рассматриваемой задачи. Каждый план определяет соответствующее значение функции L . Решение задачи или оптимальный план, определяющий экстремум линейной формы $L(x_1, \dots, x_n)$:

$$\mathbf{X}^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*).$$

План будет оптимальным, если $L(\mathbf{X}^*) \geq L(\mathbf{X})$. При минимизации линейной формы знак неравенства изменится на противоположный.

Сложность решения задачи математического моделирования взаимосвязи параметров КСЭО состоит в том, что прямой путь решения – построение системы возможных вариантов и выделение из них оптимального – практически не осуществим из-за необходимости выполнения большого количества операций. Упорядочим поиск оптимального решения, не прибегая к перебору всех возможных вариантов. Для задачи моделирования КСЭО построим определенным образом некоторую другую задачу, называемую двойственной.

Для исходной прямой задачи, формулируемой как

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i, \quad i=1, \dots, m ;$$

$$\max L_1(x_1, \dots, x_n) = \sum_{j=1}^n c_j x_j, \quad x_j \geq 0 ,$$

имеем соответствующую двойственную задачу:

$$\sum_{i=1}^m a_{ij} y_i \leq c_j, \quad j=1, \dots, n ;$$

$$\min L_2(y_1, \dots, y_m) = \sum_{i=1}^m b_i y_i, \quad y_i \geq 0 .$$

Прямую задачу можно рассматривать как задачу максимального энергосбережения, а двойственную – как задачу минимизации потребления энергоресурсов.

Что в итоге дает единую модель снижения энергопотребления. Таким образом,

$$\left. \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i, \quad i=1, \dots, m \\ \max L_1(x_1, \dots, x_n) = \sum_{j=1}^n c_j x_j, \quad x_j \geq 0 \end{array} \right\} \boxed{\cup} \left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^m a_{ij} y_i \leq c_j, \quad j=1, \dots, n \\ \min L_2(y_1, \dots, y_m) = \sum_{i=1}^m b_i y_i, \quad y_i \geq 0 \end{array} \right. \quad (2)$$

есть искомое обобщенное описание.

Так как если одна из задач двойственной пары (2) имеет решение, то другая также разрешима, значит, при любых оптимальных планах для этих двух задач $\mathbf{X} = (x_1^*, \dots, x_n^*)$ и $\mathbf{Y} = (y_1^*, \dots, y_m^*)$ имеет место равенство

$$\sum_{j=1}^n c_j x_j^* = \sum_{i=1}^m b_i y_i^* .$$

Далее, используя метод динамического программирования, можно представить исследуемую задачу в виде ряда последовательных этапов, или шагов. Тогда на каждом шаге выбирается такой вариант, чтобы выбранная последовательность вариантов была наилучшей с точки зрения заданного критерия оценки функционирования

КСЭО. При этом критерий оценки и есть совокупность требуемых параметров – соответствие техническим требованиям.

Если система в рассматриваемый момент времени находится в некотором состоянии, то ее поведение в дальнейшем определяется этим состоянием и выбираемым управлением, но не зависит от того, в каких состояниях система находилась до этого момента.

Если теперь представить КСЭО как некоторое множество или пространство S , в котором точки \mathbf{p}^m – совокупность параметров, описывающая систему в данный момент времени t_i , являются точками этого пространства и некоторую функцию $P(\mathbf{p})$ – преобразование данного множества в себя, то $\mathbf{p} = P(\mathbf{p}) \in S$ для любых $\mathbf{p} \in S$.

Бесконечная последовательность векторов $[\mathbf{p}_0, \mathbf{p}_1, \dots, \mathbf{p}_n]$, где $\mathbf{p}_{n+1} = P(\mathbf{p}_n)$, является бесконечным шаговым процессом $\mathbf{p}P(\mathbf{p})$. \mathbf{p}_0 изображает начальное состояние системы, а $\mathbf{p}_1 = P(\mathbf{p}_0)$ – состояние на одну единицу времени позднее и т.д., т.е. представленная последовательность есть состояния системы, наблюдаемые в дискретные моменты времени.

Расширив это понятие, полагая, что P зависит от другого вектора \mathbf{q} : $P = Q(\mathbf{p}, \mathbf{q})$, мы можем оказать достаточное влияние на процесс. На каждом i -м шаге можем выбирать значение \mathbf{q}_i из набора допустимых векторов $S(\mathbf{q})$, т.е.

$$\begin{aligned} \mathbf{p}_1 &= P(\mathbf{p}_0, \mathbf{q}_0); \\ \mathbf{p}_2 &= P(\mathbf{p}_1, \mathbf{q}_1); \\ &\dots \dots \dots \\ \mathbf{p}_{n+1} &= P(\mathbf{p}_n, \mathbf{q}_n). \end{aligned}$$

Здесь вектор \mathbf{q}_i – вектор решения или переменного решения, а выбор \mathbf{q}_i – решение. Для КСЭО \mathbf{q}_i выбирается так, чтобы максимизировать предписанную скалярную функцию состояния и переменного решения (функцию критерия)

$$R \mathbf{p}_0, \mathbf{p}_1 \dots; \mathbf{q}_0, \mathbf{q}_1 \dots$$

Многошаговый (N-шаговый) процесс принятия решения (дискретного детерминантного типа) есть последовательность векторов $[\mathbf{p}_0, \mathbf{p}_1, \dots, \mathbf{p}_N; \mathbf{q}_0, \mathbf{q}_1, \dots, \mathbf{q}_N]$, где $\mathbf{p}_{n+1} = P(\mathbf{p}_n, \mathbf{q}_n)$ для любого n .

Величины \mathbf{q}_k выбираются способом, который ввиду общего характера функции R зависит от текущего состояния системы, прошлого и будущего состояний, а также от прошлого и будущего решений.

Критерий R обладает структурой, позволяющей сосредоточить внимание лишь на прошлой и текущей истории процесса при поиске величины \mathbf{q} . При этом функция стратегии

$$g_k = g_k(\mathbf{p}_0, \mathbf{p}_1, \dots, \mathbf{p}_k; \mathbf{q}_0, \mathbf{q}_1, \dots, \mathbf{q}_{k-1})$$

Оптимальная стратегия - стратегия, максимизирующая функцию R .

Вид оптимальной стратегии определяется информацией о состояниях системы, которой располагаем или которую используем для формирования стратегии.

Некоторое количество важных критериев обладает характерным свойством разъединения прошлого и настоящего, например,

$$\left. \begin{array}{l} \sum_{k=0}^N g(\mathbf{p}_k, \mathbf{q}_k) \\ g(\mathbf{p}_N) \\ \max_{k \geq 0} g(\mathbf{p}_k, \mathbf{q}_k)^* \end{array} \right\}$$

Для описания КСЭО формулировка процессов принятия решений позволяет ограничиться рассмотрением стратегий, зависящих только от текущего состояния.

Если теперь рассмотреть задачу максимизации функции энергосбережения как

$$R(\mathbf{p}_0, \mathbf{p}_1, \dots, \mathbf{p}_k; \mathbf{q}_0, \mathbf{q}_1, \dots, \mathbf{q}_{k-1}) = \sum_{k=0}^N g(\mathbf{p}_k, \mathbf{q}_k)$$

и если $f_N(\mathbf{p}_0)$ – максимальное значение R , зависящее только от первоначального состояния \mathbf{p}_0 и числа шагов N , всех параметров, то $f_N(\mathbf{p}_0)$ равно общему N -шаговому энергосбережению при начальном состоянии \mathbf{p}_0 , получаемому при оптимальной стратегии.

Из принципа оптимальности для любого начального решения \mathbf{q}_0 и $N \geq 1$, если $\mathbf{q}_1, \dots, \mathbf{q}_N$ выбраны правильно, то

$$g(\mathbf{p}_0, \mathbf{q}_0) = [g(\mathbf{p}_1, \mathbf{q}_1) + \dots + g(\mathbf{p}_N, \mathbf{q}_N)] = g(\mathbf{p}_0, \mathbf{q}_0) + f_N[P(\mathbf{p}_0, \mathbf{q}_0)]. \quad (3)$$

Чтобы найти максимальное энергосбережение $f_N(\mathbf{p}_0)$, необходимо найти максимум (3) по \mathbf{q}_0 , так как (3) справедливо для любого начального решения \mathbf{q}_0 .

Отсюда получаются основные рекуррентные соотношения:

$$\left. \begin{array}{l} f_N(\mathbf{p}_0) = \max \{g(\mathbf{p}_0, \mathbf{q}_0) + f_{N-1}[P(\mathbf{p}_0, \mathbf{q}_0)]\}, N \geq 1; \\ f_0(\mathbf{p}_0) = \max_{q_0} g(\mathbf{p}_0, \mathbf{q}_0) \end{array} \right\}$$

Выводы

1. Задача математического моделирования рассмотрена как задача определения экстремума целевой функции переменных – параметров КСЭО.
2. Определены прямая и двойственная задачи как задачи максимального энергосбережения минимизации потребления энергоресурсов.
3. Используя метод динамического программирования, задача представлена в виде ряда последовательных этапов, описаны функции решения, состояния, стратегии и получены основные рекуррентные соотношения.

Литература

1. Бусленко Н.П. Теория больших систем. М.: Наука, 1969. – 318 с.
2. Шаракианэ А.С., Железнов И.Г., Иваницкий В.А. Сложные системы. М.: Высшая школа, 1977. – 247 с.
3. Славин Р.М. Научные основы автоматизации производства в животноводстве и птицеводстве. М.: Колос, 1974. – 464 с.

ПРИНЦИПЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ЛОПАСТИ ВЕТРОКОЛЕСА

**В.А. Гусаров
(ГНУ ВИЭСХ)**

Общая задача создания автономной ветроэлектрической станции (ВЭС) применительно к сельскохозяйственным потребителям будет, бесспорно, решена, если будут решены задачи эффективного использования ВИЭ [1].

Поскольку ВЭС должна будет использовать кинетическую энергию свободного воздушного потока (ветра), то ставится задача по возможности максимального использования энергии этого источника [2]. А это означает, что преобразователи энергии ветра должны быть спроектированы с учётом оптимизации конструктивных параметров, определяющих их энергетические характеристики.

Без учёта энергетического потенциала ветра эффективность использования энергии ветра зависит от аэродинамических качеств ветроколеса (ВК) и от величины потерь выработанной энергии при её преобразовании. В свою очередь аэродинамическое качество ВК определяется конструкцией и аэродинамическим профилем лопастей. Следовательно, в отношении ВК задача эффективного использования энергии ветра сводится к определению оптимального профиля лопастей по отношению к вектору скорости ветра – к определению их оптимальной крутки [3].

Механическая энергия ВК теряется на преодоление трения и на преобразование её в электрическую энергию, пригодную для использования сельскохозяйственными потребителями. Задача, связанная с повышением эффективности использования энергии ветра, предопределяет также поиск технических решений, позволяющих снизить механические и электрические потери в ВЭС [4]. Очевидно, что такие технические решения должны относиться к электромеханическому преобразованию энергии и преобразованию энергии переменного тока в постоянный.

Важным значением энергетических показателей ВК является ориентация хорды (линия, проходящая по наветренной плоскости лопасти и соединяющая её две крайние точки) по отношению к плоскости вращения ВК, иначе – углы крутки лопасти в сечениях, расположенных на её радиусах (рис. 1). В наиболее эффективных ветродвигателях, как правило, используют лопасти с аэродинамическим профилем. На рис. 1 представлено изображение контуров сечений лопасти с таким профилем у её конца и основания, где видно, что линии хорды, обозначенные в разных сечениях, по направлению не совпадают. Угол γ между этими линиями и плоскостью вращения ВК составляет угол крутки лопасти в данном сечении.

Ветроколесо воспринимает наилучшим образом набегающий воздушный поток на расчётной частоте вращения, если угол атаки и связанный с ним угол заклинивания являются оптимальными с точки зрения восприимчивости воздушного потока в любом сечении лопасти.

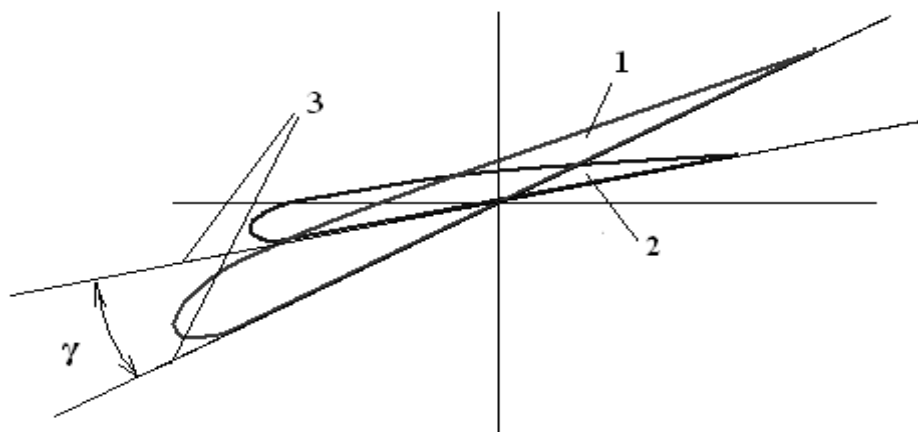


Рис. 1. Контуры сечений лопасти:
1 – у основания; 2 – у конца; 3 – линии хорды; γ – угол крутки;
О – плоскость вращения ВК

Основным фактором, повышающим эффективность ветроколеса по разработанной методике, является единый шаг вращения лопасти на всех её сечениях.

Предположим, что ветроколесо в модели: воздушный поток, проходящий с постоянной скоростью через сечение ветроколеса, вращающееся с частотой n (при $\xi=1$, коэффициент использования энергии ветра), и оставляет виртуальный след конца лопасти в воздушной среде (рис. 2). Вследствие чего траектория движения концов лопастей в пространстве будет представлять собой винтовую спираль с шагом b и диаметром, равным диаметру ветроколеса.

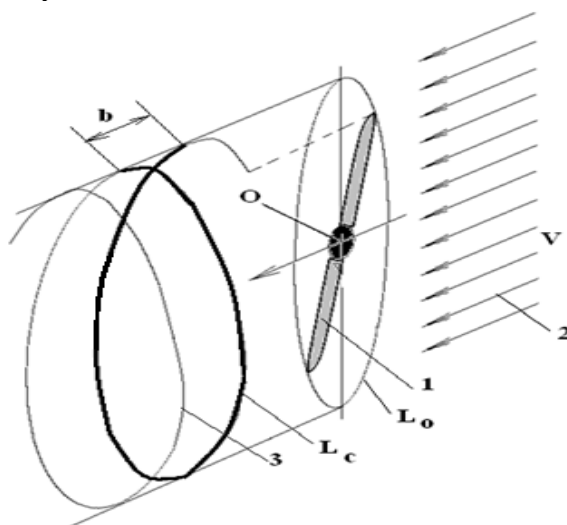


Рис. 2. Физическая модель виртуального следа конца лопасти в воздушном потоке:
1 – ветроколесо; 2 – направление ветрового потока; 3 – траектория движения конца лопасти; О – ось вращения ветроколеса; b – шаг лопасти; L_0 – окружность, описываемая концом лопасти в плоскости; L_c – виртуальный след конца лопасти в воздушном потоке, описанный за один оборот

Шаг лопасти определяется:

$$b = \frac{V}{n}, \tag{1}$$

где b – шаг лопасти (винтовой спирали); V – расчётная скорость ветра, м/с; n – расчётная частота вращения ветроколеса, об./с.

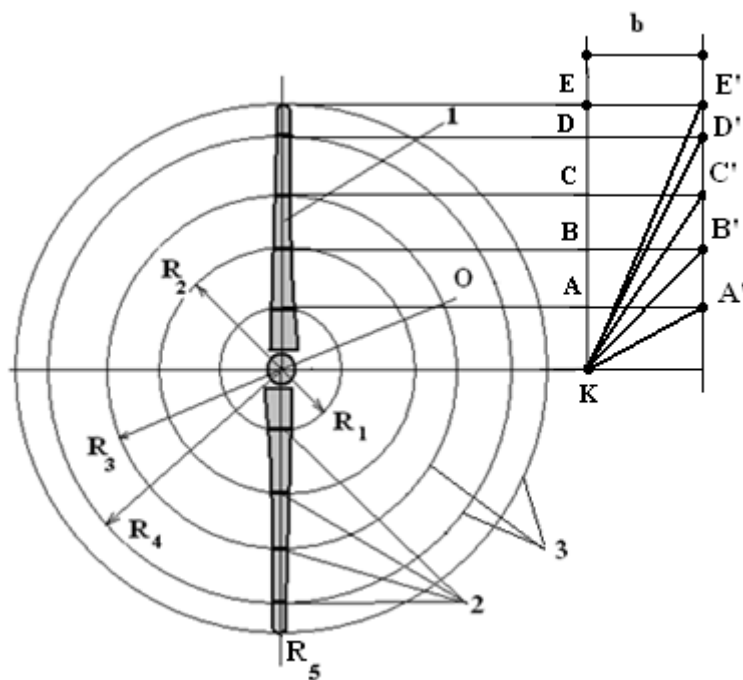


Рис. 3. Определение углов крутки лопасти в различных её сечениях

На рис. 3 отрезки KA , KB , KC , KD и KE соответствуют длинам окружностей на соответствующих радиусах R_1 , R_2 , R_3 , R_4 , R_5 и обозначаются как L_O для конца лопасти, а L_R – на её различных радиусах. Отрезок b является шагом вращения BK – $const$. Углы AKA' , BKB' , CKC' , DKD' , EKE' являются углами между направлением относительного воздушного потока W и плоскостью вращения BK (β) на соответствующих радиусах.

По известным параметрам: шагу вращения лопасти и длине описываемой окружности в плоскости вращения BK концом лопасти определяется угол β на конце лопасти, когда он равен углу заклинения γ , при условии, что $\xi = 1$ (рис. 4):

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{b}{L_O}, \quad (2)$$

где $L_O = 2\pi R$ – длина окружности, которую описывает конец лопасти; α – угол крутки конца лопасти.

Углы β сечений лопасти на радиусах R относительно плоскости вращения BK определяются по формуле:

$$\beta_R = \operatorname{arctg} \frac{b}{L_R}, \quad (3)$$

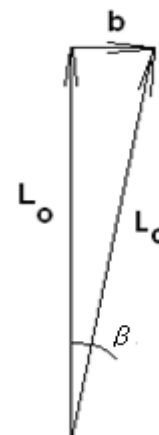
где L_R – длина окружности, которую описывает сечение лопасти, находящееся на радиусе R ; β_R – угол между направлением относительного воздушного потока и плоскостью вращения BK на соответствующих радиусах участка лопасти на радиусе R .

Длина спирали следа конца лопасти за один оборот соответствует формуле:

$$L_C = \sqrt{L_O^2 + b^2}. \quad (4)$$

где L_C – длина спирали за один оборот лопасти.

Рис. 4. К расчёту угла заклинивания лопасти:
 L_o – длина окружности, описываемая концом лопасти;
 L_c – длина виртуального следа (спирали), описываемого концом лопасти за один оборот; b – шаг лопасти; β – угол между направлением относительного воздушного потока W и плоскостью вращения ВК конца лопасти



Ветроколесо в естественной воздушной среде не может использовать всю энергию воздушного потока ($\xi \neq 1$), проходящего через его сечение, поэтому в формулу расчёта шага вращения вводим идеальный коэффициент использования энергии ветра по Жуковскому, равный $\xi = 0,593$. На модели это эквивалентно увеличению шага вращения. Тогда

$$B = \frac{b}{\xi} \quad (5)$$

где ξ – коэффициент использования энергии ветра по Жуковскому; B – шаг вращения ветроколеса с учётом ξ по Жуковскому.

С учётом ξ определяется угол β лопасти в различных сечениях:

$$\beta_R = \arctg \frac{B}{L_R} \quad (6)$$

Так как максимальная подъёмная сила получается при малых углах атаки α , то для определения угла крутки принимаем угол коррекции 2°

$$\varphi = \beta - \alpha \quad (7)$$

Формула расчёта углов крутки лопасти на различных её радиусах имеет вид:

$$\varphi = \arctg \frac{B}{L_R} - 2^\circ, \quad \text{где } 2^\circ \text{ – коррекция угла установки}$$

Эффективность работы ВК определяется суммой моментов вращения отдельных участков её лопастей.

Величина момента вращения лопасти будет определяться площадью фигуры, образованной эпюрой моментов, состоящей из отдельных участков лопасти NM_5 до линии NF (участок лопасти определяется расстоянием между сечениями).

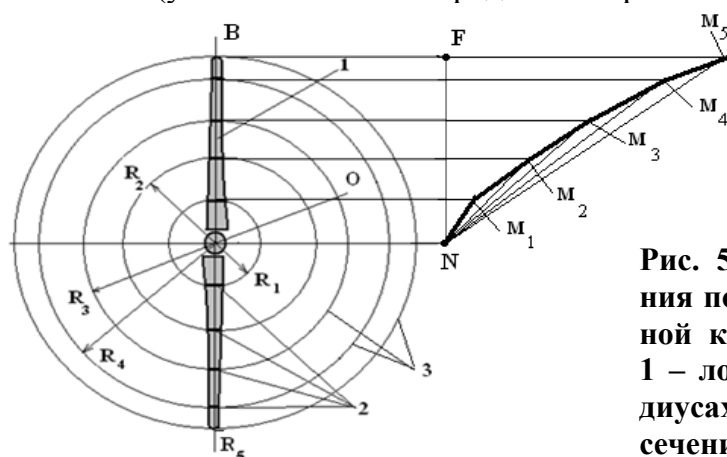


Рис. 5. Распределение моментов вращения по участкам лопасти ВК с оптимальной круткой: О – центр вращения ВК; 1 – лопасти; 2 – сечения лопасти на радиусах $R_1 - R_5$; 3 – траектории движения сечений

При оптимальном определении углов переменной крутки моменты участков увеличиваются от ступицы ВК к концу лопасти «В» (рис. 5).

У лопастей, не имеющих переменной крутки или имеющих недостаточную крутку, площадь фигуры, образованная эпюрой моментов, состоящей из отдельных участков лопасти NM_5 до линии NF , будет меньше (рис. 6). Отсюда, величина момента вращения лопасти будет меньше.

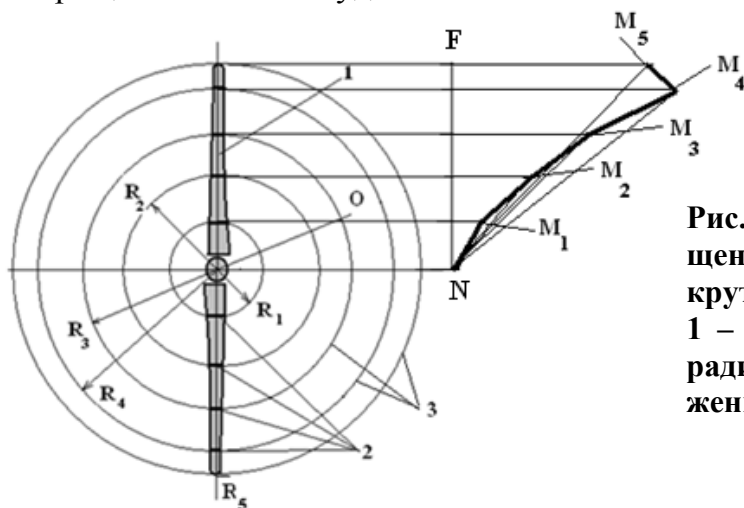


Рис. 6. Распределение моментов вращения по участкам лопастей ВК без крутки: О – центр вращения ВК; 1 – лопасти; 2 – сечения лопасти на радиусах $R_1 - R_5$; 3 – траектории движения сечений

Величина момента вращения участка лопасти ($M_{уч.}^{ep.}$) зависит от:

- площади участка лопасти;
- радиуса, на котором находится середина этого участка;
- плотности воздушной среды;
- скорости ветрового потока;
- среднего угла крутки участка лопасти.

$$M_{уч.}^{ep.} = N_{уч.} \times R_{уч.}, \quad (7)$$

где $N_{уч.}$ – сила, действующая на участок лопасти; $R_{уч.}$ – радиус, на котором находится середина участка лопасти.

$$N_{уч.} = \frac{S_{уч.} \times V^2}{2} \rho \times \cos \alpha, \quad (8)$$

где $S_{уч.}$ – площадь участка лопасти; V – скорость ветрового потока; ρ – плотность воздушной среды; α – средний угол крутки участка лопасти.

Практическое применение данного метода показало, что исполнение жёстко закреплённых лопастей с переменной круткой, рассчитанной по предложенной методике, позволяет увеличивать производительность ВК на 16% по сравнению с лопастями без крутки.

Таким образом, целесообразно использовать лопасти для ВЭС, имеющие крутку, рассчитанную по настоящей методике работы.

Литература

1. Шефтер Я.И. Состояние ветроиспользования и перспективы его развития в сельском хозяйстве РСФСР // В сборнике «Ветроэнергетика в сельском хозяйстве». М.: ГОСНИТИ, 1960.
2. Фатеев Е.М. Ветро двигатели и ветроустановки. М.: Сельхозиздат, 1948.
3. Харитонов В.П. Автономные ветроэлектрические установки. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2006.
4. Сабинин Г.Х. Теория и аэродинамический расчёт ветродвигателей // Труды ЦАГИ. 1934. Вып. 104.

ПРИМЕНЕНИЕ СТРУКТУРИРОВАННОЙ ВОДЫ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Канд. техн. наук Р.А. Серебряков, А.П. Степанов (ГНУ ВИЭСХ),
канд. техн. наук А.А. Стехин (НИИ экологии человека и гигиены окружающей
среды им. А.И. Сысина)

Ученым давно были известны 66 необъяснимых свойств воды, отличающих её от большинства других химических веществ, встречающихся в жидком состоянии. Так, в отличие от всех известных жидкостей, плотность которых монотонно увеличивается с понижением температуры, плотность воды максимальна при 4⁰С, а при дальнейшем понижении температуры вновь начинает убывать. Это уникальное свойство воды делает возможной жизнь в реках и озерах – в противном случае эти относительно мелкие водоёмы неизбежно промерзли бы до дна в зимний период и были бы лишены всех живых организмов. Аномально высокое поверхностное натяжение жидкой воды не только позволяет некоторым насекомым спокойно ходить по её поверхности, но и благодаря капиллярным силам обеспечивает поступление питательных веществ к кронам гигантских деревьев, достигающих нескольких десятков метров в высоту. Объяснить эти свойства на основании лишь строения и химических параметров молекул воды ученые до последнего времени не могли. Секрет скрывался в структуре, в которую самоорганизуются молекулы жидкой воды – он долгое время оставался неразгаданным. Многолетние работы ученых (Андерс Нильсон в США, Масару Эмото в Японии, А.А. Стехин и Г.В. Яковлева в России) прояснили, что существовавшие до сих пор представления о молекулярной структуре воды были неверными – оказалось, что её молекулы формируют не одну структуру, а одновременно два типа структур, существующих в жидкости вне зависимости от температуры. Один тип структуры формируется в виде сгустков примерно по 100 молекул, структура которых напоминает структуру льда – это и есть **структурированная вода**. Второй тип структуры, окружающей сгустки, гораздо менее упорядочен.

Структурированная вода:

- Это вода, имеющая структуру, схожую со структурой воды в плазме крови, лимфы и внутриклеточной жидкости;
- На употребление именно такой воды генетически настроен наш организм;
- Это вода, наиболее близкая к воде человеческого организма. Она обладает свойством антиокисления и потому имеет способность выводить свободные радикалы; улучшает действие антител; улучшает способность клеток к самозаживлению; обогащает клетки организма кислородом; нейтрализует рН- среду человеческого тела; повышает проницаемость биологических мембран тканевых клеток, что снижает количество холестерина в крови и печени, регулирует артериальное давление, повышает обмен веществ.

Физико-химические свойства структурированной воды:

- Вода должна быть абсолютно чистой. Она не должна содержать хлора и его соединений, солей тяжелых металлов, нитратов, пестицидов, бактерий, грибков, органических веществ и т.д.;

• Вода должна быть «жидкой», легкоусвояемой, т. е. степень поверхностного натяжения между молекулами воды должна быть около 43 дин/см. (Водопроводная вода имеет степень поверхностного натяжения около 73 дин/см);

• Вода должна быть слабощелочная с $pH > 7$. Это позволяет лучше сохранять кислотно-щелочное равновесие жидкостей организма;

• Окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) воды должен соответствовать ОВП межклеточной жидкости, т.е. быть в пределах от -100 до -200 милливольт (мВ), тогда организму не надо тратить дополнительную энергию на выравнивание ОВП (ОВП водопроводной воды от $+300$ до $+400$ мВ).

Получение структурированной воды:

• во-первых, в природе известны места, где вода обладает уникальными свойствами, близкими к внутриклеточной воде. Это – родниковая вода, особенно в горных местностях, где она образуется в результате таяния ледников;

• во-вторых, потрясающими свойствами обладает питьевая вода коралловых атоллов, состоящих из белых кораллов типа Санго (острова Окинава и Токуносима). Порошок коралла при смешивании с водой изменяет её физико-химические свойства и обеспечивает воде параметры pH и ОВП, близкие к параметрам внутриклеточной воды;

• в-третьих, в последние годы появились технические методы и устройства для получения структурированной воды: электронные, электромагнитные, механические, технологии вихревой кавитационной энергетики и т.д. Некоторые из указанных технологий (например, вихревая гидрокавитационная установка) позволяют получать структурированную воду сразу из неочищенной воды (например, из водопроводной воды), попутно очищая её от твердых частиц, химических соединений и биологических составляющих. На этих установках можно получать структурированную воду с требуемыми (заданными) параметрами воды (pH , ОВП, степень поверхностного натяжения).



а



б

Рис. 1. Установки для получения структурированной воды:

а - роторно-пульсационная установка; б - вихревая гидрокавитационная установка

Применение структурированной воды в сельском хозяйстве

Одним из перспективных направлений повышения урожайности и качества является предпосевная обработка семенного материала зерновых и овощных культур. В течение нескольких лет целым рядом сельскохозяйственных организаций были

проведены эксперименты по использованию технологии предпосевной активации семенного материала структурированной водой. Результаты свидетельствуют о более высокой продуктивности культур (табл. 1) и их качественным показателям, повышении устойчивости к неблагоприятным температурно-климатическим и агрохимическим условиям (засухе, пониженным температурам, ветровой нагрузке, обеднённым почвам и т.д.), устойчивости к заболеваниям, а также микробиологическому и грибковому поражению.

Таблица 1 .Результаты обработки посевного материала структурированной водой

Сельскохозяйственная культура	Регион, тип почвы	Продуктивность (относительно контроля)	Вид предпосевной обработки семян
<i>Ячмень</i>	<i>Подмосковье, подзолистые почвы</i>	<i>117...125%</i>	<i>Структурированная вода</i>
<i>Рис</i>	<i>Подмосковье, подзолистые почвы</i>	<i>111...115%</i>	<i>Структурированная вода</i>
<i>Пшеница (сорт «Элита»), кукуруза, сахарная свёкла</i>	<i>Армения, степные почвы высокогорья</i>	<i>115...130%</i>	<i>Структурированная вода</i>

В ряде хозяйств на опытных делянках продуктивность по некоторым культурам увеличивалась в несколько раз. Например, сахарная свёкла, семена которой замачивались структурированной водой, в сложных условиях высокогорья Армении (Ширакская область) набирала вес до 20 кг, а корнеплоды весом 10 кг составляли большую часть урожая (рис. 2), высота стеблей кукурузы достигала 3 м, початки большие, оперение пышное. Подсолнухи достигали 30 см в диаметре, а их листья, так же, как и листья кукурузы, были пышными и сочными (рис. 3). Опытный высев овощных культур, прошедших ту же предпосевную обработку, в условиях личного хозяйства (огурцы, морковь, свекла) на Урале (г. Екатеринбург) дает в 2...4 раза более высокую продуктивность (рис. 4). При этом семена всходят значительно быстрее, чем в контрольной партии (замачивание в необработанной воде), на 2 недели раньше созревают и обладают более высокой пищевой ценностью, содержат меньше химических примесей.



Рис. 2. «Большая» сахарная свекла



Рис. 3. Подсолнух, кукуруза (предпосевная обработка структурированной водой)



а



б

Рис. 4. Через 10 дней после высева семян сахарной свеклы: а - на контрольной делянке семена замачивались обычной водой, б – замачивание семян структурированной водой

Выводы

Структурированная вода в процессе её получения не только очищается, но и сохраняет естественные свойства воды, которые обуславливают её каталитическую и биокаталитическую активность. Это приводит к усилению коагуляционных свойств во-



Рис. 5. Сравнение урожая сахарной свеклы с контрольной делянки и делянки с предпосевной обработкой семян структурированной водой

ды по отношению к углеводородным загрязнителям, активируются естественные процессы самоокисления вредных химических соединений и их осаждение в виде гидрозолей, подавляется активность патогенной микрофлоры. Как результат, при обработке структурированной водой различных видов растений происходит:

- значительное ускорение роста растения;
- улучшение химического состава плодов (содержание нитратов уменьшается ~ в 2 раза);
- увеличение содержания подвижных питательных веществ в грунте;
- повышение продуктивности растений на 20–33%.

Литература

1. *Стехин А.А., Яковлева Г.В.* Использование вихревых электромагнитных полей в технологиях водоподготовки // Труды VII Международного конгресса «Вода: Экология и технология». Москва, 2006. С. 1034-1035.
2. *Стехин А.А., Яковлева Г.В.* Управление квантовыми состояниями когерентных нанокластеров ассоциированной воды // Гигиена санитарии. 2008. №5. С. 23-26.
3. *Стехин А.А., Яковлева Г.В.* Структурированная вода: Нелинейные эффекты М., 2008. – 320 с.

КОМПОЗИЦИОННОЕ ТОПЛИВО ДЛЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Канд. техн. наук Р.А. Серебряков, А.П. Степанов А.П. (ГНУ ВИЭСХ),
канд. техн. наук А.А. Стехин (НИИ экологии человека и гигиены
окружающей среды им. А.И. Сысина)

Существующие технологии получения углеводородного топлива основываются на высокотемпературном крекинг-процессе с применением катализаторов. Это процесс расщепления высших углеводородов на углеводороды с меньшим молекулярным весом, вследствие разрыва С–С связей углеводородов в газовой фазе. При этом образуются высоколетучие метильные и этильные радикалы, которые не могут использоваться в топливах. Эти процессы многостадийны, длительны по времени, характеризуются низким выходом бензиновых фракций. Другая проблема, снижающая потребительские качества углеводородных топлив, связана с организацией процесса горения топлив в двигателях и котлах: возникают побочные продукты неполного сгорания и снижение теплотворной способности топлив. Это связано с тем, что процесс горения требует для своего инициирования и поддержания свободных радикалов, практически 100%-м источником которых является водная фаза, забираемая из воздуха или содержащаяся в виде примесей в топливе. Экспериментально и теоретически доказано, что процесс горения углеводородов без воды не происходит.

Где взять свободные радикалы? Существует несколько источников генерации свободных радикалов: водно-аэрозольная фаза, ион-радикалы в виде микропримесей, электронный поток от систем поджига и др. Однако их концентрация в воздухе и топливе мала. Для повышения концентрации ион-радикалов в наше время используется специальная обработка топлив, называемая активацией. При активации происходит не только увеличение содержания ион-радикалов, но и изменяются свойства жидкости (вязкость, текучесть, поверхностное натяжение и т. д.). В воде и углеводородах возникают новые фазы вещества, стабилизируемые электростатическими силами от связанных зарядов. В этом случае концентрация свободных радикалов может возрасти до 10^5 раз, что позволяет реализовать низкотемпературное горение, более полное использование топлива, добиться резкого снижения концентрации продуктов неполного сгорания, увеличения срока службы и КПД двигателя. При разработке технологий получения комбинированного активированного топлива (композиционного топлива) на основе высокомолекулярных нефтяных фракций (дизтоплива, керосина, мазута и т. д.) и воды использовались вихревые гидрокавитационные и роторно-пульсационные установки (РПА) (рис. 1, 2).

Принцип работы этих активаторов основан на интенсивном перемешивании различных видов углеводородов и воды на молекулярном уровне за счет вихревого движения и кавитации. Известно, что при воздействии на твердые вещества в жидкой среде мощными импульсами они не только подвергаются измельчению, но и приобретают физико-химические и технологические свойства, отличающиеся от тех, что приобретают при диспергировании до той же тонины на других измельчителях. К явлениям, при которых можно достичь такого эффекта, как раз и относится гидродинамическая кавитация.

До недавнего времени она считалась крайне негативным явлением, так как сопровождалась срывом работы гидравлических систем и эрозионным разрушением гидравлического оборудования. Однако исследования последних лет показали, что при определённых условиях можно вызывать гидродинамическую кавитацию «срывного типа», при которой кавитационные пузырьки схлопываются в жидкости, а не на стенках каналов, что позволяет использовать разрушительный эффект кавитации для интенсивной обработки жидких составов без разрушения рабочих органов оборудования. По сравнению с кавитацией, создаваемой в ультразвуковых аппаратах, гидродинамическая кавитация имеет ряд преимуществ: меньшие удельные затраты, более низкая стоимость аппаратов, простота их конструкции и эксплуатации, возможность сочетания с другими воздействиями.



Рис. 1.
Установка РПА

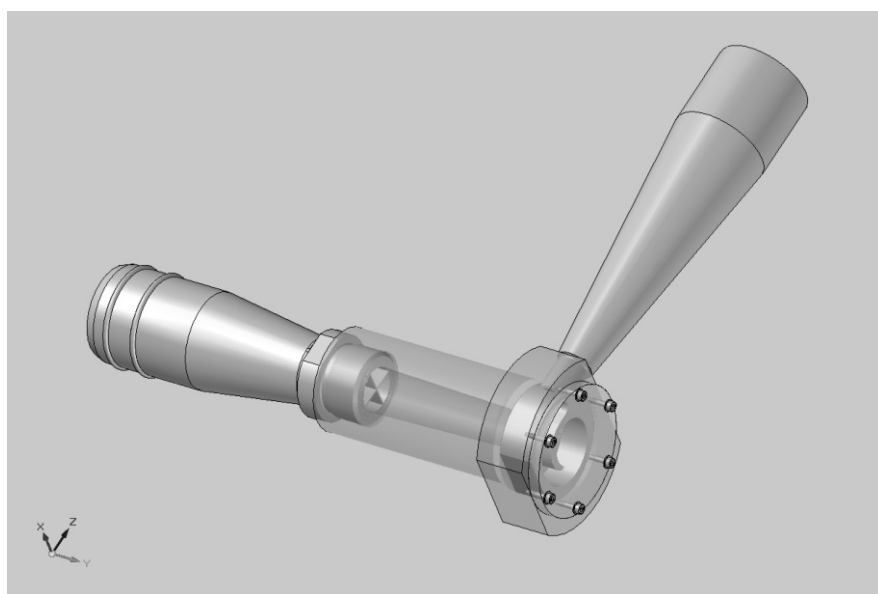


Рис. 2. Вихревой гидрокавитатор

Композиционное топливо (КТ) – это Углеводородное топливо + Вода, соединённые на молекулярном уровне. Это принципиально новый вид жидкого топлива, отличающийся от углеводородного топлива особенностями выгорания и теплообмена. В процессе соединения воды и углеводородного топлива на молекулярном уровне вода становится своеобразным катализатором, улучшающим процесс сгорания топлива. Использование установок подготовки композиционного топлива даёт следующие преимущества потребителю на его объектах:

- увеличение исходного топлива после обработки до 50%;
- теплота сгорания композиционного топлива не уступает исходному топливу;
- вязкость композиционного топлива ниже вязкости исходного топлива;
- использование композиционного топлива на объектах потребителя не требует изменения системы ввода топлива и не приводит к ухудшению его распыления на существующих системах ввода по отношению к исходному топливу во всем диапазоне температур топлива и давлений на системах ввода топлива;
- расход композиционного топлива на системах ввода уменьшается не менее чем на 15% по сравнению с расходом исходного топлива и не приводит к ухудшению работы котлов;
- композиционное топливо может храниться при температуре 60...90°C в тех же ёмкостях, что и исходное топливо;
- композиционное топливо сохраняет свои свойства и качества длительный срок;
- количество структурно изменённой воды, вводимой в топливо, может достигать до 60–70%. Таким образом, можно вводить для утилизации обводнённые мазуты и загрязнённые мазутом сточные воды;
- даже при наличии в ёмкостях хранения исходного топлива водяных линз больших размеров после обработки в устройстве подготовки композиционного топлива создается топливо высокого качества;
- использование устройства позволяет потребителю исключить затраты на обезвоживание исходного топлива;
- в результате использования композиционного топлива на объектах потребителя уменьшается количество вредных выбросов в атмосферу (сажи на 30–50%, СО и NO_x в 2–3 раза).

Результаты испытаний и исследований композиционного топлива

Таблица 1. Испытания по сжиганию мазута и КТ на паровом котле ЩБ-А7-М16 (ОАО «Уралбурмаш», 01.10.2002, рис. 3)

Показатели	Мазут	КТ	КТ	КТ	КТ	КТ
Давление топлива перед форсункой, кгс/см ²	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
Температура топлива перед форсункой, °С	79	80	81	81	81	81
Давление пара в барабане, кгс/см ²	3,85	4,35	4,35	4,3	4,05	3,95

<i>Продолжение табл. 1</i>						
Показатели	Мазут	КТ	КТ	КТ	КТ	КТ
Влагосодержание топлива, %	3,6	4	10	15	20	25
Расход топлива на одной форсунке, л/ч	319	272	272	272	283	283

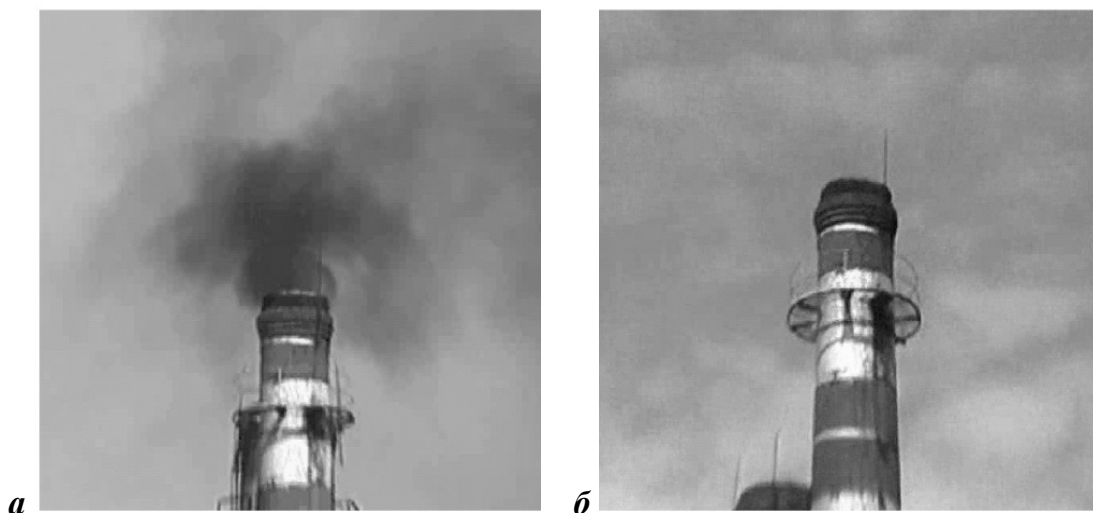


Рис. 3. Выброс отработанных газов:
а – при сжигании мазута; б – при сжигании композиционного топлива

Исследование работы дизеля ЯМЗ-238Л на дизельном топливе и низковязкой 20%-й водо-топливной эмульсии

(г. Санкт-Петербург, Технологический институт, 19.04.2007, рис. 4, 5)

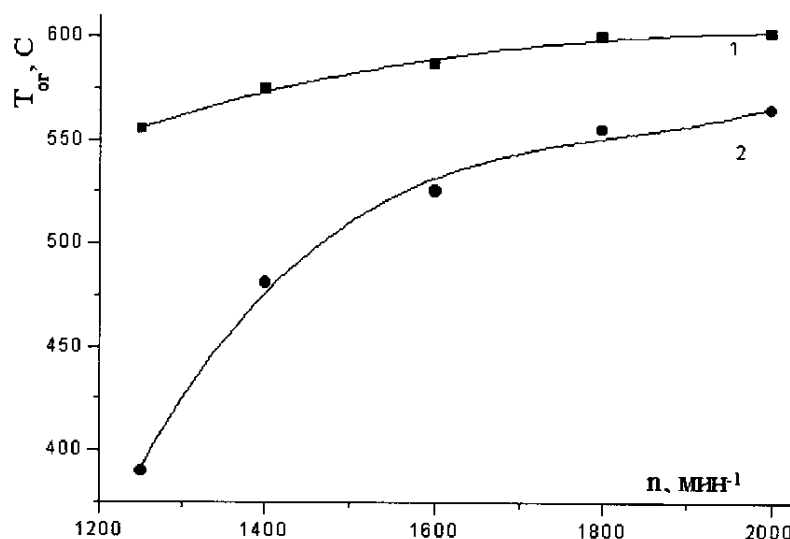


Рис. 4. Зависимость температуры отработанных газов в выпускном коллекторе от частоты вращения коленчатого вала:
1 – дизельное топливо; 2 – водотопливная эмульсия

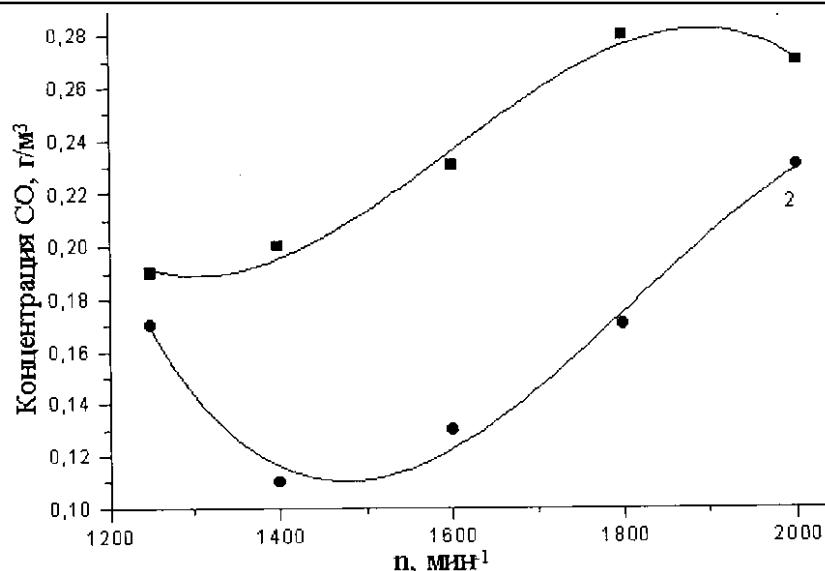


Рис. 5. Зависимость концентрации СО от частоты оборотов вала

Таблица 2. Исследования КТ (солярка + вода)

%-е содержание воды	Удельная теплота сгорания топлива, ккал/кг(м ³)	Массовая доля серы, %	Цетановое число	Плотность, кг/л	Температура застывания, Т°С
40	10970	0,1	53(л)	0,85	- 40
50	11160	0,1	54(л)	0,832	- 39,4
Исходное топливо	10300	0,2	35(л), 45(з)	0,83	- 35

Спектрограмма КТ (исследование спектра композиционного топлива, состоящего из 60% солярки и 40% воды, на спектрометре Bruker AVANCE-300):

- спектр КТ (рис. 6) состоит из групп сигналов, соответствующих CH_3 , CH_2 и CH -группам органических молекул в интервале химических сдвигов 0-3 м.д. и группам сигналов, соответствующих ароматическим группам сигналов, в интервале 6-8 м.д.;

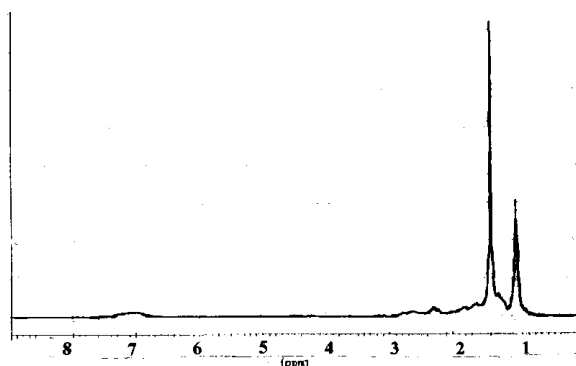


Рис. 6. Спектрограмма композиционного топлива

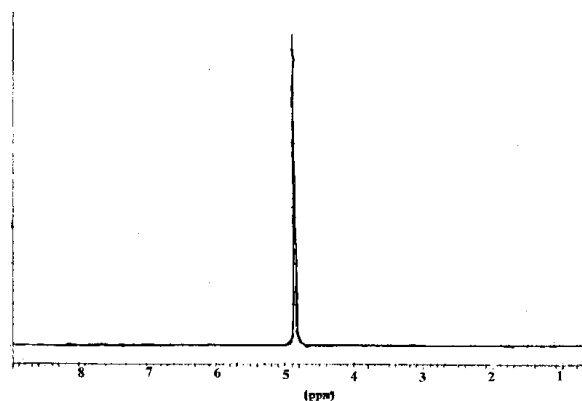


Рис. 7. Спектрограмма воды

-
-
- сигналов, соответствующих молекулам воды, в интервале химических сдвигов 4-6 м.д. нет, т. е. в исследуемой жидкости имеется смесь органических молекул и отсутствует вода. Для примера на рис. 7 представлена спектрограмма водопроводной воды.

Выводы

Композиционное топливо, полученное по вихре-кавитационным технологиям, отличается от обезвоженного традиционного углеводородного топлива наличием в нем гидроперекисных и углеводородных радикалов, активного атомарного кислорода, высокой степенью радикализации и ионизации. Все это, без снижения теплотворной способности на 1 кг массы в совокупности, существенно усиливает эффективность его горения и позволяет получить существенную экономию по сравнению со сжиганием традиционных видов топлива: мазута, дизельного топлива, керосина, бензина и т. п., а кроме того, в несколько раз снижает уровень токсичных выбросов в окружающую среду.

Литература

1. Оценка технико-экономических и качественных показателей работы вращающихся печей ЦОИ-1 при замене мазута на композиционное топливо: Отчет АО «Миттал Стил Темиртау». 12.03.2005.
2. Акт о результатах работы на ОАО «Уралбурмаш» по эффективности котла ШБ-А7-М16 при сжигании композиционного топлива. 27.09.2002.
3. *Кормилицын В.И.* Высокоэффективное сжигание водосодержащих мазутов // Строительные материалы: оборудование, технологии XXI века. 2003. №3. С. 22-23.
4. *Краснов О.А.* Вода в качестве топлива // Химия. 2007. №1. С. 11-13.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МОЛОЧНЫЕ ФЕРМЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ТИПА

**Член-корреспондент Россельхозакадемии, доктор техн. наук Ю.А. Цой,
канд. техн. наук И.И. Тесленко,
канд. техн. наук Р.А. Баишева (ГНУ ВИЭСХ)**

Путь разработки новых технологических способов и технических решений, учитывающих все аспекты промышленного производства, привел к созданию комплексной поточно-конвейерной технологии содержания коров. Технологическая сущность предлагаемых способов заключается в комплексной программе содержания, кормления и доения скота посредством применения конвейерных систем многократного действия. Процесс осуществляется непрерывной самопостановкой коров на кольцевой доильный конвейер (рис. 1) и непрерывным совмещением движущегося потока животных с движением подвешенного грузонесущего кормового конвейера (рис. 2). Данные технические устройства придают принципиально новые черты технологическому программированию. Они существенно изменяют характер труда, снижают недостатки привязной и беспривязной технологии содержания скота и приближают ее к естественным условиям.

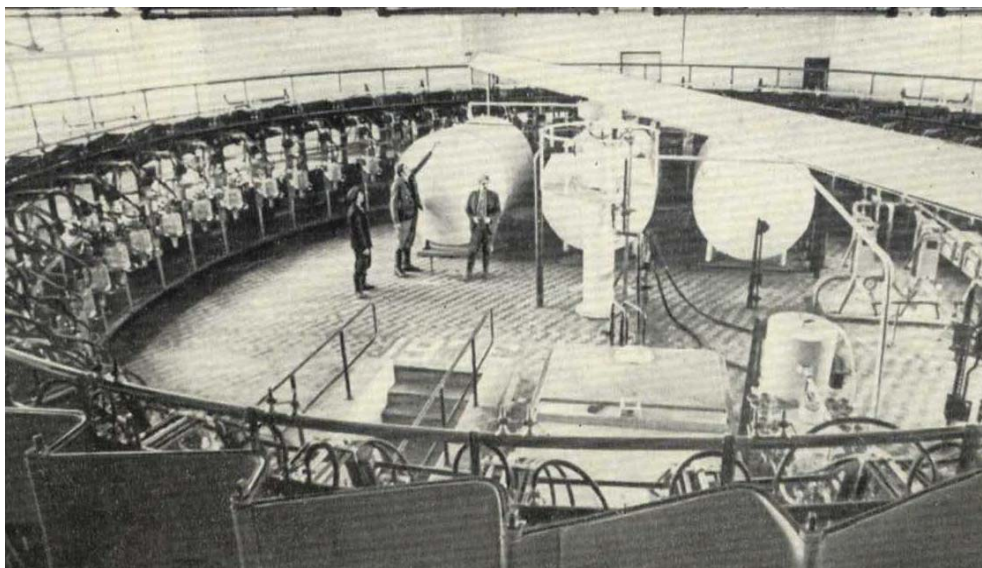


Рис. 1. Доильный конвейер ДКТ – 50 на 50 станков (колхоз им. Ленина, Нижегородская область)

Наиболее комплексными крупномасштабными экспериментами в данном направлении являются работы, выполненные в Нижегородской области. В основу исследований положены научно-творческие изыскания специалистов колхоза им. Ленина во главе с председателем Героем Социалистического Труда П.М. Соколовым и два индивидуальных проекта институтов «Горьковгипросельхозстрой» и «Горьковколхозпроект». Проектирование, строительство, изготовление экспериментального оборудования, внедрение этих комплексов осуществлено за 1,5 года в колхозе им. Ленина Большемурашкинского района и совхозе «Буревестник» («Кудьма») Богородского района Нижегородской области [1, 2].



Рис. 2. Фрагмент кормового конвейера, первый этап разработки (колхоз им. Ленина, Нижегородская область)

Промышленные технологии основаны на разделении и специализации ручных операций, непрерывности процессов и многократности использования каждого рабочего поста и рабочей секции конвейера, то есть на принципах поточного производства в его классическом определении. Самоходный поток коров непрерывно автоматически объединяется и разъединяется с конвейерными системами доения и кормления. Технологическая и физиологическая сущность процессов основана на использовании рефлексов и поведенческих реакций животных в естественных пастбищных условиях.

Все эти способы, инженерные решения и методики исследований в целях получения экономико-технологического эффекта обусловлены сохранением жизненного пространства, физическими и физиологическими параметрами и, наконец, чисто индивидуальным восприятием животных.

Разнообразие условий технологических процессов в животноводстве значительно расширяют и усложняют круг зоотребований по проектированию поточных линий с применением конвейеров.

Если в промышленности однотипный предмет труда – незавершенное изделие – ритмично подается на конвейер и перемещается им по рабочим постам для доведения до установленной степени готовности, то в животноводстве число и новизна его функций увеличиваются. Здесь головной конвейер используется как технологическое средство для объединения двух разнородных, но взаимосвязанных потоков. Первый – основной поток – формируется из коров, его характерная особенность в том, что предмет труда – живое существо – наделено своими сугубо индивидуальными повадками. Второй поток – распределение и скармливание кормов запрограммированными дозами. Все процессы совмещения и разъединения потоков и конвейерных систем осуществляются автоматически, что создает условия для непрерывности технологических процессов. Скоростные режимы головного конвейера определяют совмещенную программу моционов животных. Поэтому для привязки конвейеров на комплексах требуется не только тщательный анализ их функционирования в новых условиях, но и строго дифференцированное сочетание технических параметров с физическими возможностями и индивидуальными рефлексами животных.

Эффективность применения программируемых поточно-конвейерных технологий показывает многолетняя эксплуатация новых комплексов в колхозе им. Ленина (рис. 3, а) и совхозе «Кудьма» (рис. 3, б). Заключается она прежде всего в совершенстве организации технологических процессов, росте производственных возможностей при меньших затратах труда, энергии и средств [3, 4].

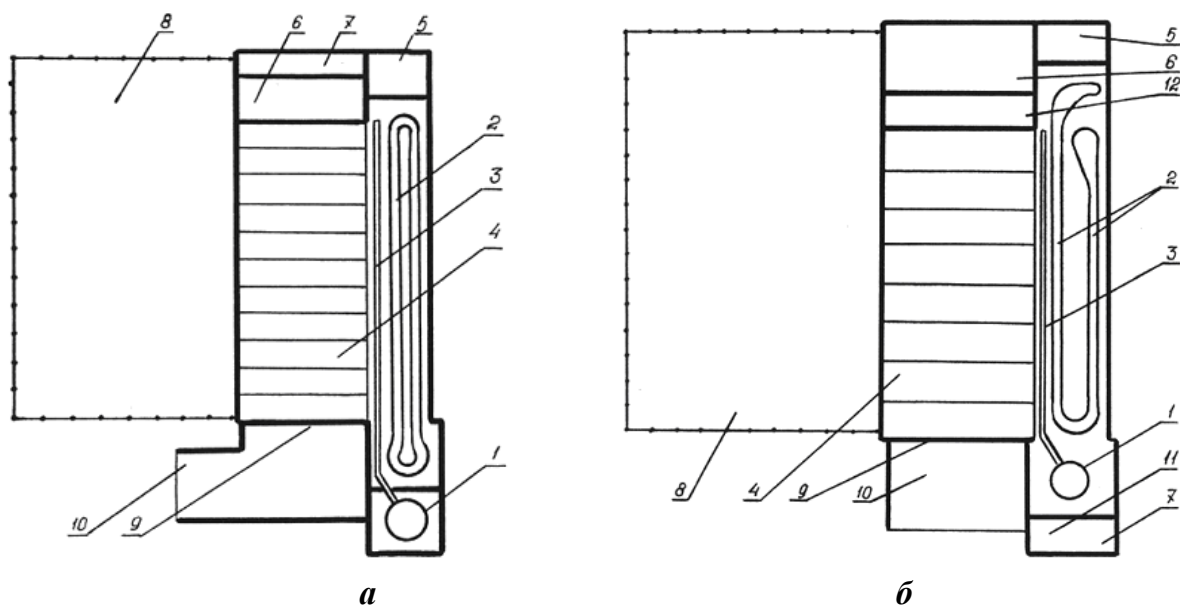


Рис. 3. Схемы промышленных ферм-комплексов блочной застройки:
а - колхоз им. Ленина, моноблок на 1100 коров;
б - совхоз «Кудьма», комплекс на 800 коров:
1 - доильная установка ДКТ-50; 2 - двухрядный кормовой конвейер; 3 - линия проходов для животных; 4 - зона отдыха животных;
5 - кормоцех; 6 - родильное отделение; 7 - бытовые помещения;
8 - выгульные площадки; 9 - въезд в подпольное навозохранилище;
10 - пандус; 11 - молочный блок; 12 - помещение для телят

По сравнению с мобильной раздачей кормов и стационарными транспортерами применение двухлинейного параллельно-поточного конвейера обеспечивает существенный экономический эффект. Общие суммарные затраты на средства механизации процесса кормораздачи и занимаемые им производственные площади у поточно-конвейерной технологии меньше на 30,9%, чем у стационарной системы, и на 32% меньше, чем у мобильной. Способствует этому также и многократное использование каждой секции конвейера с кормушкой. Применение поточно-конвейерной технологии индивидуального кормления животных позволяет существенно снизить энергозатраты за счет малой установленной мощности в сравнении с мобильной и стационарными системами и увеличить производственную нагрузку на одного оператора до 1000 коров.

В процессе доения коров задействованы материальные, трудовые и энергетические ресурсы. Применение поточно-конвейерной технологии доения коров позволяет существенно экономить производственные площади. Для обеспечения производительности доильной установки ДКТ-50 требуется три установки типа «Елочка» или четыре типа «Тандем». Соответственно в процессе доения задействовано при исполь-

зовании установки ДКТ-50 – 4 оператора, «Елочка» – 6 операторов и «Тандем» – 8 операторов. Таким образом, применение доильной установки ДКТ-50 приводит к ресурсосбережению в сфере труда.

Низкая энергоемкость кольцевых конвейеров позволяет существенно экономить энергетические ресурсы. При прочих равных условиях, когда для обеспечения работы доильных установок используется стандартное оборудование, такое, как вакуум-насос, компрессорная установка, молочный насос, водонагреватель, рассматриваемый типаж средств доения имеет некоторые различия. Так, для привода доильной установки «Карусель» используется электродвигатель мощностью 1,7 кВт. Вместе с тем, поточно-конвейерная технология доения более приспособлена к нормированию кормов в зависимости от надоенного молока. Если на установках с проходными станками типа «Елочка» и «Тандем» на каждый станок устанавливается дозатор с индивидуальным приводом, то на конвейерных установках имеется всего один дозатор на все станки.

Накопление и транспортировка молока в мерных цилиндрах от каждой коровы и перемещение их к одному молокоприемнику исключают необходимость устройства молокопровода и упрощают проведение контрольного доения. Кольцевой конвейер создает более благоприятные условия для одновременной промывки всех доильных аппаратов и молокоборников. Очистка платформы и станков осуществляется автоматически с помощью гидросмыва. Все это позволяет сократить предварительные и заключительные операции на 50–65 % и повысить производительность труда.

На рассматриваемых молочных комплексах применяется ресурсосберегающий послыйный способ уборки навоза при его подпольном хранении: после дефекации экскрементная масса попадает непосредственно в хранилище, и из общей технологической цепочки исключаются такие составляющие, как подача навоза в коллектор, промежуточное накопление и транспортировка в хранилище. Таким образом, исключается применение электрической и механической энергии и использование материальных и трудовых ресурсов.

При содержании на типовом комплексе 1000 голов коров для обеспечения процесса навозоудаления необходимо семь скребковых транспортеров типа ТСН, суммарная установленная мощность которых составляет 44 кВт, обслуживают данные транспортеры два оператора. Затраты энергии при подпольном навозоудалении и хранении равны нулю. Таким образом, несмотря на то, что капитальные затраты на обустройство системы послыного навозоудаления при подпольном навозохранении на 28,4% выше базовой системы, за счет незначительных эксплуатационных затрат годовой экономический эффект от использования предлагаемого способа составил 1110 тысяч рублей (в ценах 2009 г.). Применение подпольной системы навозоудаления позволяет экономить ежегодно до 16 тыс. кВт·ч электроэнергии и до 33 тыс. кг дизельного топлива.

Для обеспечения параметров микроклимата на экспериментальных фермах используется температурный компенсатор, основанный на применении нетрадиционных источников энергии. При этом параметры окружающей среды, как в зоне содержания животных, так и на прилегающих к экспериментальным моноблокам территориях, соответствуют санитарным нормам, без вредного воздействия на экологию.

Выводы

Применение двухлинейного кормового конвейера позволило снизить на 63% затраты на энергоресурсы (электроэнергия, дизельное топливо) и сократить на 32% производственные площади, занимаемые данной технологией (в сравнении с мобильной).

Использование поточно-конвейерной доильной установки ДКТ-50 позволяет вдвое повысить производительность труда, в 3 раза снизить затраты на электроэнергию и сократить занимаемые площади на 45–49% (в сравнении с базовыми доильными установками).

Подпольная система навозоудаления позволяет экономить ежегодно до 16 тыс. кВт·ч электроэнергии и до 33 тыс. кг дизельного топлива. Температурный компенсатор в системах микроклимата крупных животноводческих комплексов способствует ежегодной экономии электроэнергии до 250 тыс. кВт·ч. Фактический суточный расход электроэнергии в расчете на 1 скотоместо в этих комплексах не превышает 0,46 кВт·ч/сутки.

При относительно высокой концентрации животных (77 голов на 100 га сельскохозяйственных угодий по сравнению с 40 по району) рентабельность молочного животноводства составила 28%.

Поточно-конвейерные технологии открывают широкие возможности для индивидуальной работы с животными, в том числе и с племенным поголовьем, способствуют улучшению общего физического состояния животных, повышают культуру производства в молочном животноводстве.

Литература

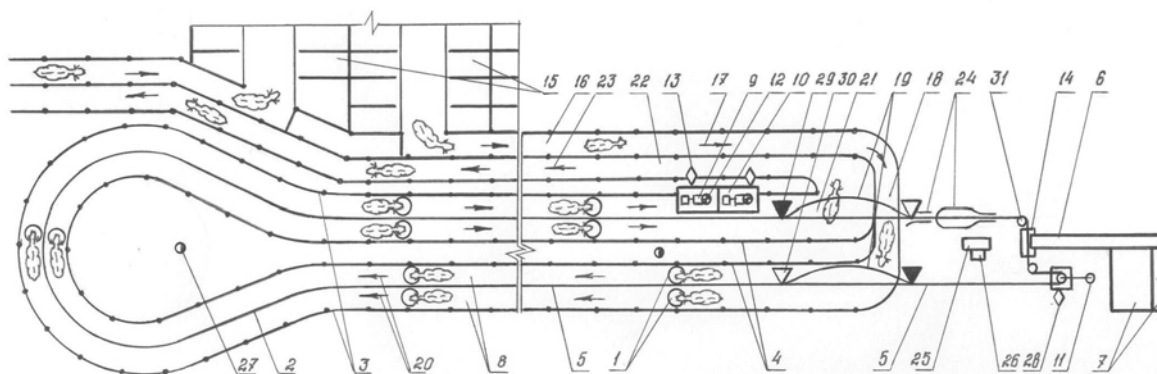
1. Усаковский В.М., Тесленко И.И. (ст.), Цой Ю.А., Тесленко И.И. (III) Фермы будущего // Степные зори. 2004. №115. С. 7.
2. Тесленко И.И. (III), Петухов А.А., Тесленко И.И. (IV) От первой “Карусели” до поточно-конвейерных технологий // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2006. №3. С. 19-21.
3. Тесленко И.И. (III), Чепелев А.В., Тесленко И.И. (IV) Оценка параметров промышленных ферм // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2007. №3. С. 11-13.
4. Тесленко И.И. (III), Тесленко И.И., Петухов А.А. Внедрение машин и оборудования в молочном животноводстве. Краснодар: КГАУ, 2008. – 212 с.

ДВУХЛИНЕЙНЫЙ КОРМОВОЙ КОНВЕЙЕР

Член-корреспондент Россельхозакадемии, доктор техн. наук Ю.А. Цой,
канд. техн. наук И.И. Тесленко,
канд. техн. наук Р.А. Баишева (ГНУ ВИЭСХ)

Поточно-конвейерная система кормления животных на фермах молочного направления предназначена для осуществления процесса индивидуального кормления коров, расширения диапазона среды их обитания при большой концентрации поголовья и круглогодичном содержании в помещении ферм, принудительного моциона, обеспечения процесса поточности при наличии поточно-конвейерной технологии доения, создания исполнительной части средств механизации для перехода к автоматизированным системам управления технологическим процессом, основанным на принципах ресурсосбережения [1].

Устройство поточно-конвейерных систем кормления животных независимо от конструктивных и технологических особенностей (косое расположение животных, однорядный и двухрядный конвейеры [3]) имеет следующие общие технические составляющие: тяговая цепь 5, на которой закрепляются подвески с кормушками 1, зоны входа 18 и выхода 21 животных, где для этого имеются участки подъема конвейера 19, система внутренних 4, внешних 3 и разделительных 2 перегородок, непосредственно трасса конвейера 8, поворотные звезды 31, электропривод 9, 10, 12, натяжное устройство 11, участок очистки кормушек 24, участок загрузки кормушек 14, устройства принимающее 7 и подающее корма 6, предохранительные датчики 13, 27–30 и электроаппаратура управления конвейером 25, 26 (рис. 1) [1, 2].



**Рис. 1. Двухлинейный параллельно-поточный кормовой конвейер
(обозначения в тексте)**

Процесс кормления на кормовом конвейере осуществляется по методу объединения поточно-конвейерных технологий кормления и доения в единый технологический комплекс [4]. После открытия бокса для беспривязного содержания 15 животные по проходам 16 в указанном направлении 17 поступают на кормовой конвейер и приступают в процессе движения к поеданию кормов, находящихся в кормушке 1 (рис. 1). В течение определенного промежутка времени животные, двигаясь одновре-

менно с конвейером в указанном на схеме направлении 20, проходят всю его трассу и одновременно съедают порцию корма. Через участок выхода по проходу животные в указанном направлении 23 поступают на доение, которое осуществляется на кольцевой поточно-конвейерной доильной установке (рис. 1). Процесс осуществляется непрерывно без остановок конвейеров, за исключением чрезвычайных ситуаций.

Подвеска предназначена для установки на ней двух опрокидывающихся кормушек, в которых транспортируется корм. Она выполнена в виде сварной конструкции из трубы, состоит из передней подвески 9 и задней подвески 10, имеющих в верхней части проушины 11, с помощью которых крепятся к траверсе 12. Конструктивно траверса имеет в центре стойку 13, закрепленную ребрами 14, с помощью которой производится крепление подвески к рабочей каретке 6, а по краям две вилки 15, к ним крепятся растяжки 16, предупреждающие продольное раскачивание (рис. 2).

В нижней части передней и задней подвесок имеется три перемычки 17, жестко их соединяющие. На крайней из них крепятся кронштейны 18 опрокидывания кормушек, на средней – упор-буфер 19 опоры кормушек, на верхней – четыре симметрично расположенных направляющих ролика 20, предназначенных для предупреждения раскачивания подвески в поперечном направлении (рис. 2).

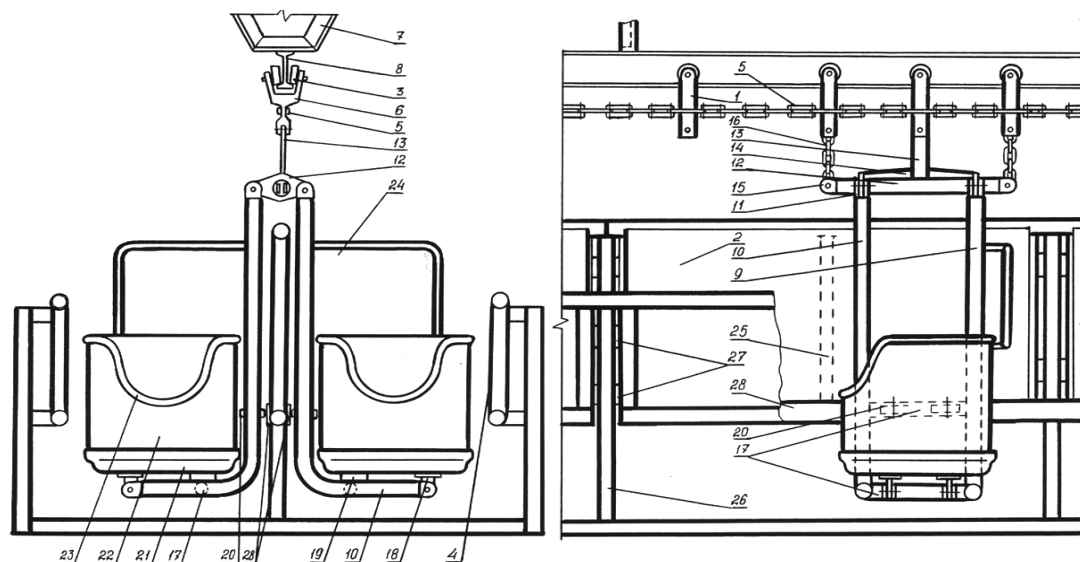


Рис. 2. Схема подвески кормушек кормового конвейера (обозначения в тексте)

На каждой подвеске установлены по две кормушки, в которых находится корм, подаваемый дозаторами участка загрузки. Нижняя часть или дно 21 кормушки выполнено штампованным способом из алюминиевого сплава. Верхняя часть, корпус 22 – из листового алюминиевого сплава с фигурным вырезом для шеи животного и отбортовкой 23 верхнего края (рис. 2). Соединение обеих частей кормушки выполнено при помощи заклепок.

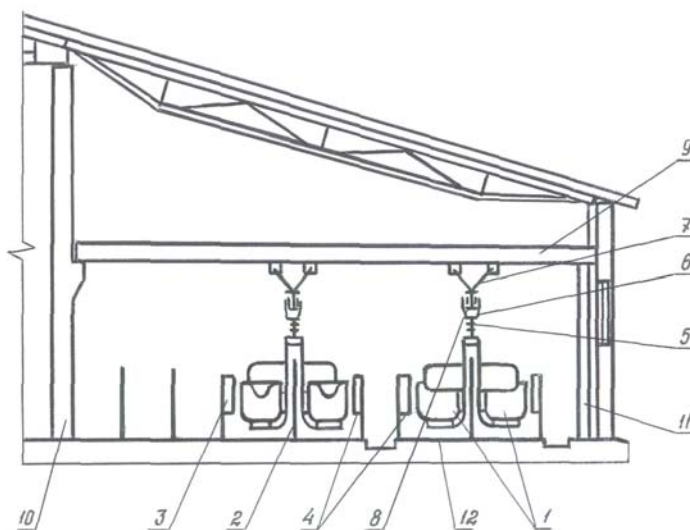
Перед каждой кормушкой на подвеске установлен щиток 24 для ее защиты от экскрементов впереди идущего животного (рис. 2). Для удаления экскрементов с пути следования животных группа подвесок снабжена скребками плужкового типа, расположенными под углом 45° к оси конвейера. Трасса конвейера, по которой двигаются животные, выполнена из дощатого настила и, как уже отмечалось, ограничена по всему пути следования внутренними, внешними 4 и разделительными 2 ограждениями. Ограждения в своей конструкции имеют ребро жесткости 25 и крепятся к стойкам

26 с помощью петель 27. На разделительном ограждении в нижней его части установлена полоса 28, которая является контактной частью при движении опорных роликов 20 подвески.

Тяговая цепь 5 (рис. 2) состоит из стандартной тяговой разборной цепи Р2-100-22 с шагом 100 мм с установленными на ней рабочими 6 и холостыми 1 каретками, передвигающимися на опорных роликах по двутавровой трассе конвейера 8, закрепленной с помощью подвесок 7 уголкового сечения. Каретки предназначены для крепления на них подвесок с кормушками, а также для поддержания тяговой цепи от провисания на участках между рабочими и холостыми каретками. Расстояние от одной подвески до другой составляет 2 м, холостые каретки установлены с интервалом 0,6 м, 0,8 м и 0,6 м, а рабочие – 0,4 м.

Система опор и подвесок (рис. 3) служит для крепления трассы конвейера. Она состоит из несущих балок 9 двутаврового сечения, опирающихся на строительные железобетонные колонны 10, а в средней части – на дополнительно установленные металлические опоры 11. Крепление двутавровой трассы 8, по которой двигаются каретки 6 с подвесками 1 к несущим балкам 9, производится с помощью подвесок 7 регулируемой длины.

**Рис. 3. Поперечный
разрез кормового
конвейера**



Система напольных ограждений служит для разделения животных в процессе их следования за кормушками. Она состоит из внешнего 3, разделительного 2 и внутреннего 4 ограждений (рис. 3). Все ограждения имеют съемные борты для возможного вывода любого животного с трассы конвейера.

Разделительное ограждение, проходящее по оси конвейера, имеет по обеим сторонам опорные поверхности для роликов подвески, препятствующих ее раскачиванию в поперечном направлении. Разделительное ограждение по трассе конвейера прерывается на входе животных на кормовой конвейер и на выходе. Ограждение имеет рамный каркас в виде прямоугольника, закрытый с обеих сторон листовым железом, внутри рамы посередине установлена перемычка жесткости. Общее число секций разделительного ограждения – 208 шт., 205 из которых имеют один размер.

Схема участка нормирования и загрузки кормов в кормушки на конвейере представлена на рис. 4. В соседнем с конвейером помещении расположен участок приема, накопления и подачи кормов. Бункер-накопитель равномерно подает корм на горизон-

тальный транспортер и далее на наклонные ленточные транспортеры 2, нижняя часть которых находится в приемном помещении, а верхняя, пересекая стену через соответствующее окно, в помещении конвейера. Корм попадает в два бункера-питателя 3, равномерность загрузки которых регулируется горизонтальным распределительным транспортером 4. Бункер-питатель загружает корм в дозатор 7, который, двигаясь одновременно с подвеской 1, подает корм в кормушку конвейера. При синхронном движении происходит открытие днища 9 дозатора (позиция 10 на рис. 4). Бункер-питатель 3 находится выше уровня двутавра 8 трассы конвейера, кареток 6 и тяговой цепи 5.

Подвеска с порожними кормушками после прохождения зоны кормления поступает на участок загрузки, где на ходу с помощью дозаторов происходит их заполнение кормами (рис. 4). В процессе своего дальнейшего движения подвеска огибает по контуру трассу конвейера, а кормушки постепенно освобождаются от корма, который поедается животными. После прохождения зоны кормления подвески с порожними кормушками возвращаются на участок загрузки, и весь цикл повторяется снова.

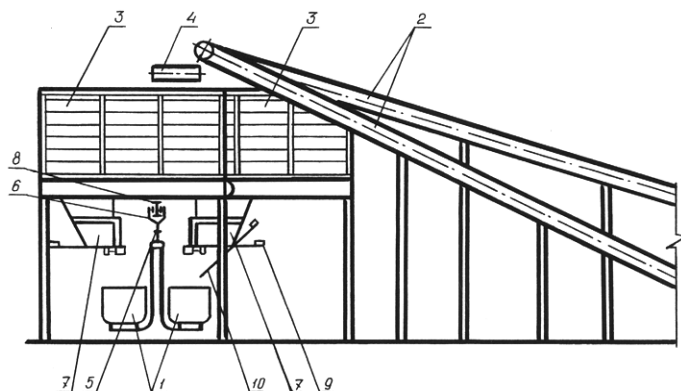


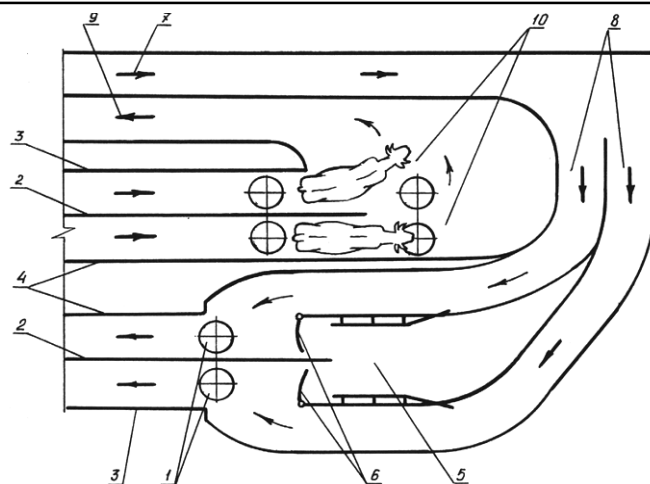
Рис. 4. Схема участка нормирования и загрузки кормов на кормовом конвейере

Для осуществления процесса входа и выхода животных на кормовой конвейер предусмотрены участки подъема или перегибов трассы. Передвигаясь по двутавровой трассе 8, подвеска с кормушками 1, ограниченная разделительными 2, внутренними 4 и внешними секциями, к участку выхода животных с конвейера начинает подниматься вверх по перегибу (рис. 5). Разделительное ограждение прерывается, а внешнее и внутреннее переходят в ограждение перехода животных в боксы. Поднимаясь вверх по перегибу, подвеска 1 тем самым освобождает место для осуществления движения животных с конвейера 9, находясь в верхнем положении, пересекая коридоры входа 10 на кормовой конвейер (рис. 5).

Загруженные кормами подвески 1 (рис. 5) по второму перегибу трассы опускаются в зону направляющих 5, на участок начала процесса кормления животных, которые, двигаясь по проходам в указанном на схеме направлении 7, попадают на входную зону 8, где разделяются на два потока и подходят к непрерывно двигающимся подвескам с кормушками. Зона направляющих 5 с целью предотвращения доступа животных загорожена ширмой 6, выполненной из полотна ленточного транспортера, и закреплена за один край, как показано на схеме.

Натяжная станция служит для создания первоначального натяжения тяговой цепи с помощью регулируемых грузов. Она состоит из подвижной каретки с закрепленной на ней роликовой батареей и участком ходового пути, рамы и грузового устройства. Крайнее положение натяжного устройства контролируется датчиком, который блокируется с электродвигателем привода. В случае обрыва цепи или превышения

Рис. 5. Схема движения животных на входе и выходе конвейера



максимально допустимого значения тягового усилия он отключает электродвигатели приводов.

Перед началом работы кормового конвейера необходимо проверить трассу, исправность состояния подвесок, отсутствие опрокинутых кормушек и посторонних предметов на пути движения. Необходимо также проверить готовность к работе технологически связанных с конвейером автоматических устройств. При отсутствии неисправностей произвести запуск конвейера и связанных с ним по технологии устройств. Включение конвейера производится одной пусковой кнопкой, расположенной на дверце шкафа управления. Остановка после окончания работы производится кнопкой «стоп». Аварийное выключение производится с помощью специальных кнопок, расположенных вдоль трассы конвейера.

Технология содержания в индивидуальных стойлах и боксовых секциях предусматривает как минимум метровую протяженность линий для транспортировки кормов на каждое скотоместо, а для кормораздатчика типа КТУ-10 требуются кормовые проходы шириной не менее 2,2 м, не считая ширины кормушки. Исходя из этого, технологическая площадь кормового конвейера на 46–68 % меньше той, которую занимают стационарные и передвижные кормораздатчики. Поэтому общие суммарные затраты на средства механизации процесса кормораздачи и занимаемые ими производственные площади у поточно-конвейерной технологии меньше на 18 %, чем у стационарной системы, и на 57 % меньше, чем у мобильной. Способствует этому также и многократное использование каждой секции конвейера с кормушкой.

Применение поточно-конвейерной технологии индивидуального кормления животных позволяет существенно снизить энергозатраты за счет малой установленной мощности в сравнении с мобильной и стационарной системами и увеличить производственную нагрузку на одного оператора до 500 коров.

Литература

1. Цой Ю.А., Тесленко И.И. (III) Поточно-конвейерная технология индивидуального кормления коров // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2005. № 10. С. 15-16.
2. Тесленко И.И. (ст.), Тесленко И.И. (III), Рудь А.И., Тесленко Е.И. Зоотехнические параметры поточно-конвейерной технологии индивидуального кормления коров // Главный зоотехник. 2006. №2. С. 17-20.
3. Тесленко И.И. (III), Тесленко И.Н., Тесленко И.И. (IV) Практическое обоснование способа размещения животных в потоке на кормовом конвейере // Главный зоотехник. 2008. № 11. С. 71-73.
4. Тесленко И.И. (III), Тесленко И.Н., Тесленко И.И. (IV) Метод объединения поточно-конвейерных технологий в единый технологический комплекс // Главный зоотехник. 2008. № 12. С. 57-59.

СОЗДАНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТ- ВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Доктор техн. наук **В.Н. Расстригин**, канд. техн. наук Д.А. Тихомиров
(ГНУ ВИЭСХ)

Электрификация тепловых процессов является одним из важнейших направлений исследований в области энергетики сельского хозяйства. Научно-исследовательские работы по данному направлению были начаты в 1930 г. в только что организованном ВИЭСХе, а чуть позже в ряде его филиалов.

Первые работы были направлены на использование электрической энергии для нагрева воды и получения пара на технологические нужды животноводческих ферм и обогрева почвы в закрытом грунте теплиц.

В 30-е годы и позже основные работы по электронагреву были выполнены сотрудниками ВИЭСХ – Цекулиной А.А., Чукаевым Д.С., Смирновым В.И. и др.

В 1966 г. в ВИЭСХе была организована специальная лаборатория по электрификации тепловых процессов в сельскохозяйственном производстве, которую возглавил к.т.н. В.И. Смирнов. Под его руководством и при большом личном вкладе (до 1966 г. и в период 1966–1973 гг.) были выполнены первые крупные НИР по обоснованию методов расчета и созданию целого ряда систем и технических средств: электрообогрева животноводческих помещений, почвы в теплицах и парниках, электрообогрева полов в свинарниках, типоразмерного ряда электроводонагревателей-термосов типа ВЭТ-200, ВЭТ-400, ВЭТ-800 и ВЭТ-1600, соответственно емкостью 200, 400, 800 и 1600 л, мощностью 6, 12, 18 и 36 кВт, а также работы по воздухонагревательным установкам прямого нагрева и аккумуляционного типа (Минчин Ю.В., Андреева Н.Н., Броерский А.В., Родичева Е.С.) [1, 2].

С 1973 по 2010 гг. лабораторию электрификации тепловых процессов в ВИЭСХе возглавлял д.т.н. В.Н. Расстригин.

Наиболее успешное развитие проблема электронагрева получила в период 1973–1990 гг. Этому способствовал сложившийся топливно-энергетический баланс сельского хозяйства (ограничение на применение жидкого топлива, газа и высококалорийного угля) и то, что решение этой проблемы ввиду высокой ее эффективности осуществлялось хорошо организовано в соответствии с заданием 16–10 ведомственной программы Минсельхоза СССР "Разработать методы и технические средства электрификации тепловых процессов и микроклимата в сельскохозяйственном производстве" (1976–1980 гг.) и заданием 02 "Разработать и внедрить эффективные технические средства преобразования электроэнергии в тепловых процессах сельскохозяйственного производства" программы 0.51.21 ГКНТ (1981–1990 гг.). В соответствии с этим в решении проблемы электрификации тепловых процессов в сельскохозяйственном производстве принимали участие многие коллективы НИИ, КБ и заводов. При этом следует отметить, что большую роль в развитии и достижениях по проблеме электронагрева в сельскохозяйственном производстве сыграли ведущие ученые руководители программ и заданий по электрификации и автоматизации сельского хозяй-

ства (куда отдельным заданием входила эта проблема): академики Будзко И.А., Прищеп Л.Г., Сыроватка В.И., Бородин И.Ф., Стребков Д.С. От коллектива ВИЭСХ (головной организации) принимали участие основные исполнители – сотрудники лаборатории электрификации тепловых процессов: заведующий Расстригин В.Н., Быстрицкий Д.Н., Сухарева Л.И., Растимешин С.А., Андреева Н.Н., Трунов С.С., Минчин Ю.В., Алимамедов М.Б., Серегин В.И., Бирюкова Н.Е., Родичева Е.С., Жундрикова Т.И., Кузьмичев А.В., Тихомиров Д.А., Ламонов Н.Г., а также руководители других лабораторий и отделов: Мусин А.М., Тихомиров А.В., Пирхавка П.Я., Соколовский Е.В., Коршунов А.П., Зайцев А.М., Бабаханов Ю.М., Степанова Н.А.

Проведенные исследования показали, что применение электрической энергии наиболее эффективно в тепловых процессах: нагрева воды и получения пара на технологические нужды, подогрева воздуха в системах микроклимата, местного обогрева молодняка животных и птицы, обогрева отдельно стоящих вспомогательных и подсобных помещений, обогрева почвы и шатра в рассадных теплицах [3, 4].

Установлена эффективность и целесообразность комплексной электрификации тепловых процессов в виде систем электротеплообеспечения децентрализованного типа на животноводческих фермах, комплексах и других объектах с расчетной тепловой нагрузкой примерно до 400 кВт (прежде всего взамен котельных на твердом топливе).

Выявлено, что децентрализованные системы электротеплообеспечения эффективнее, чем котельные централизованного типа: на 25–30% меньше расход электроэнергии, в 1,5–2 раза меньше капитальные вложения, значительно ниже (на 30–35%) и общие приведенные затраты [5].

Главное внимание в НИР было уделено обоснованию и разработке децентрализованных систем и технических средств электротеплоснабжения с учетом выбора такого режима их работы, который бы способствовал выравниванию графиков тепловых и электрических нагрузок (суточных и годовых, имеющих неравномерный характер) и снижению общей установленной мощности [3, 4].

В результате проведенных НИР в 1976–1990 гг. ВИЭСХом как головной организацией были обоснованы и разработаны исходные требования и экспериментальные образцы на типоразмерные ряды нового электротеплового оборудования: элементные водонагреватели емкостного типа (САОС, САЗС) вместимостью 200, 400, 800 и 1600 л; электроводонагреватели проточного типа (ЭВФ, ЭВП) мощностью 6, 9, 12 и 15 кВт; электродные водонагреватели типа ЭПЗ мощностью 25, 60, 100 и 250 кВт (Минчин Ю.В., Серегин В.И., Алимамедов М.Б.); электрокалориферные установки (типа СФОЦ) мощностью 16, 25, 40, 60 и 100 кВт; электроконвекторы (типа ЭОКС) мощностью 1,2 и 6 кВт (Быстрицкий Д.Н., Андреева Н.Н., Трунов С.С.); установки комбинированного местного электрообогрева молодняка животных (поросят, ягнят, кроликов) мощностью 11,5; 0,37 и 10 кВт (типа ЭИС, К-С) (Бирюкова Н.Е., Растимешин С.А., Кузьмичев А.В.); комплект оборудования для обогрева рассадных теплиц с нагревательным проводом типа ПНВСВ (Сухарева Л.И., Кубышева Н.В.).

На основе этого только в период 1980–1990 гг. организациями Минэлектротехпрома было организовано производство и осуществлен серийный выпуск более 16 типов вышеуказанного электротеплового оборудования общим объемом 635 тыс. штук, с экономическим эффектом на тот период 154303 тыс. руб.

СИСТЕМЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ЭЛЕКТРОТЕПЛООБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

ГОРЯЧЕЕ ПАРОВО-ВОДОСНАБЖЕНИЕ



Емкостные электроводонагреватели типа ЭВН
200, 400, 800, 1500 л; 6, 9, 12, 30 кВт



Проточный электроводонагреватель ВЭП
6, 9, 12, 15 кВт



Бытовой типа ЭВБ
15, 100 л; 1,25 кВт



Электропароводонагреватель
ЭШВ-36, мощностью 36 кВт



Электродные водонагреватели типа ЭПЗ 25,40, 100, 150 кВт

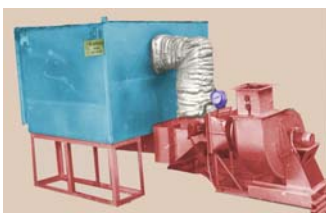


Электродный парогенератор
ЭШГ-100, мощностью 100 кВт

МИКРОКЛИМАТ



Электрические воздушнонагревательные установки
ЭВУ 16, 25, 40 кВт



ЭТАУ до 100 кВт



Электротеплоутилизатор
10 кВт, 1500 м³/ч



Электроконвектор ЭК-4,5
4,5 кВт

МЕСТНЫЙ ЛОКАЛЬНЫЙ ЭЛЕКТРООБОГРЕВ



Инфракрасный электрообогреватель типа ЛЭО
мощностью 0,25; 0,75; 1,5 кВт



Комбинированный
обогреватель «Комби»



Устройство автоматического
управления ЭТУ

ЭЛЕКТРООБОГРЕВ И ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ



Электронагревательный провод
типа ЭНГЛУ; ПНВСВ



Система обогрева почвы теплиц
площадью до 100 м²



Инфракрасный пастеризатор
молока и соков 1000 л/ч
мощностью 12 кВт



Электрический паровой котел
ЭПК-30 (30кВт) с устройством
обработки комбикормов

В период 1991–2000 гг. продолжалось совершенствование и серийный выпуск электротеплового оборудования тех же типоразмерных рядов: электроводонагревательных установок типа ЭВН, ЭВП; воздухонагревательных установок типа УВЭ, электрообогреваемых панелей и электропароводонагревателей (Минчин Ю.В., Андреева Н.Н., Растимешин С.А., Трунов С.С., Кузьмичев А.В., Тихомиров Д.А.).

В последние годы (2001–2009 гг.) НИР лаборатории комплексной электрификации тепловых процессов были направлены в основном на обоснование и создание энергосберегающих систем и технических средств электротеплообеспечения нового типа. В этот период были созданы и организован серийный выпуск электропароводонагревательных установок и электропарогенераторов элементного типа мощностью 36 и 30 кВт (Тихомиров Д.А., Растимешин С.А., Минчин Ю.В.).

Разработаны и изготовлены экспериментальные образцы следующих установок: электрической вентиляционно-отопительной установки с утилизацией теплоты и озонированием воздуха (модульного типа) мощностью 10 кВт и воздухоподачей 1500 м³/ч (Тихомиров Д.А., Ламонов Н.Г.); типоразмерный ряд лучистых (инфракрасных) электрообогревателей типа ЛЭО (совместно с фирмой «Оникс» мощностью 0,25; 0,75; 1,5 и 2,25 кВт (Сухарева Л.И., Кузьмичев А.В., Тихомиров Д.А.); совершенствование электротепловой установки с инфракрасным излучателем пастеризации молока и соков мощностью 15 кВт и производительностью до 1 т/ч (Кузьмичев А.В., Тихомиров Д.А., Ламонов Н.Г.), ранее разработанной в отделе теплоснабжения.

Созданное и выпускаемое серийно основное электротепловое оборудование, а также экспериментальные образцы нового оборудования представлены на рисунке.

Созданное электротепловое оборудование в виде типоразмерных рядов широко применяется в технологических процессах на предприятиях сельскохозяйственного производства – животноводческих и птицеводческих фермах, теплицах, хранилищах и цехах по обработке сельскохозяйственной продукции, фермерских и личных подсобных хозяйствах.

На основе результатов завершенных теоретических и экспериментальных исследований в период 1973–2009 гг. коллективом лаборатории были разработаны и опубликованы: 9 методических и практических рекомендаций по расчету и применению в сельскохозяйственном производстве систем и технических средств электротеплообеспечения, выпущенных массовым тиражом; опубликовано 5 книг и монографий, свыше 450 научных статей в различных изданиях; получено 28 авторских свидетельств и патентов на изобретения; подготовлено 6 кандидатских диссертаций и одна докторская под научным руководством зав. лабораторией д.т.н. Расстригина В.Н.

В последнее время выполнен ряд НИР по контрактам с МСХ РФ и договорам о научно-техническом сотрудничестве с рядом организаций.

Литература

1. Смирнов В.И. Тепловые установки для животноводческих ферм. М.: Сельхозгиз, 1952.
2. Смирнов В.И. Методические рекомендации по устройству и расчету электрообогреваемых полов в свинарниках. М.: ВИЭСХ, 1974.
3. Расстригин В.Н., Дацков И.И., Сухарева Л.И., Голубев В.М. Электрообогревательные установки в сельскохозяйственном производстве. М.: Агропромиздат, 1985.
4. Расстригин В.Н. Основы электрификации тепловых процессов в сельскохозяйственном производстве. М.: ВО Агропромиздат, 1988.
5. Методические рекомендации по расчету и применению систем электротеплообеспечения на животноводческих предприятиях. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2007.

**7-я Международная научно-техническая конференция
«ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ
В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ»
(18 – 19 мая 2010 г., г. Москва, ГНУ ВИЭСХ)**

Определению путей решения основных стратегических задач в энергетической политике АПК была посвящена 7-я Международная научно-техническая конференция «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве», состоявшаяся в ВИЭСХе 18–19 мая 2010 г. Организаторы конференции: МСХ РФ, РАСХН, ГНУ ВИЭСХ, МГАУ им. В.П. Горячкина, ФГНУ «Росинформагротех». Конференция была посвящена 80-летию ВИЭСХ и 100-летию со дня рождения основоположника науки по электроснабжению, электрификации и автоматизации сельского хозяйства академика И.А. Будзко, она проводилась при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований.

Оргкомитет возглавил Ю.Ф. Лачуга – вице-президент Россельхозакадемии, академик Россельхозакадемии. В него вошли В.В. Нунгер – директор Департамента Минсельхоза России, заместитель председателя; Д.С. Стребков – директор ГНУ ВИЭСХ, академик Россельхозакадемии, заместитель председателя; М.Н. Ерохин – ректор МГАУ им. В.П. Горячкина, академик Россельхозакадемии, заместитель председателя; В.Ф. Федоренко – чл.-корр. Россельхозакадемии, директор ФГНУ «Росинформагротех», заместитель председателя; И.В. Горбачев – чл.-корр. Россельхозакадемии, академик-секретарь Отделения механизации, электрификации и автоматизации сельского хозяйства Россельхозакадемии; Ю.М. Антонов – ГНУ ВИЭСХ, ученый секретарь; Н.Ф. Молоснов – ГНУ ВИЭСХ, ученый секретарь; П.П. Безруких – заместитель генерального директора ГУ «Институт энергетической стратегии»; И.Ф. Бородин – академик Россельхозакадемии, МГАУ им. В.П. Горячкина; Ю.А. Иванов – директор ГНУ ВНИИМЖ; А.Ю. Измайлов – директор ГНУ ВИМ; А.Н. Зазуля – директор ГНУ ВНИИТиН; Л.П. Кормановский – акад. Россельхозакадемии, ГНУ ВИЭСХ; Б.А. Рунов – академик Россельхозакадемии, ГНУ ЦНСХБ; Н.Т. Сорокин – заместитель директора Департамента Минсельхоза России; А.В. Тихомиров – заместитель директора ГНУ ВИЭСХ; В.И. Черноиванов – академик Россельхозакадемии, директор ГНУ ГОСНИТИ; Ю.А. Цой – чл.-корр. Россельхозакадемии, ГНУ ВИЭСХ.

Открыл пленарное заседание вице-президент Россельхозакадемии Ю.Ф. Лачуга:

«Тематика конференции посвящена актуальнейшим вопросам энергетического обеспечения сельских территорий, сельскохозяйственного производства и бытового сектора, поиску путей повышения надежности энергоснабжения, эффективности использования энергоресурсов, возможностей более широкого использования местных видов топлива, отходов и возобновляемых энергоресурсов, внедрения электротехнологий и новых видов топлива на селе.

В последнее время в нашей стране большое внимание на всех уровнях уделяется вопросам повышения эффективности использования топливно-энергетических ресурсов, энергосбережению. Вышел указ Президента № 889 от 4 июля 2008 г. «О некоторых мерах по повышению энергетической эффективности Российской экономики», где определен ряд мер по стимулированию реализации энергоэффективных проектов, технологий, энергосберегающего оборудования, а также распоряжение Правительства РФ от 8 января 2009 г. № 1-р, где определено, что к 2020 г. доля возобновляемых энергоресурсов в общем электроснабжении должна составлять 4,5%.

Принят Федеральный закон РФ от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ», а также подготовлен проект Государственной программы энергосбережения и повышения энергетической эффективности РФ на период до 2020 г.

Степень надежности, устойчивости и эффективности энергоснабжения во многом определяет количественные и качественные показатели сельхозпроизводства, его экономики. В последние годы роль энергетического обеспечения сельхозпредприятий во многом возросла, что связано с опережающим ростом цен на энергоресурсы по сравнению с ценами на сельхозпродукцию.

Вместе с тем нельзя не отметить, что современное состояние сельских электрических и тепловых сетей (а их 2,5 млн. км) характеризуется их старением, большими потерями энергии, так как они последние 15 лет практически не обновлялись, более 35% их отработали свой срок и их дальнейшая эксплуатация небезопасна, возросло на 50% число и продолжительность перерывов в энергоснабжении.

Окончательно не отрегулированы вопросы принадлежности низковольтных сетей, а следовательно, нет их должной эксплуатации.

В сельском хозяйстве имеется большое количество местных энергоресурсов, отходов сельхозпроизводства, но практически отсутствуют системы и оборудование по эффективному их использованию в энергобалансе села, слабо развиты системы автономного энергоснабжения и средства малой энергетики. Имеются большие возможности для широкого использования на селе возобновляемых источников энергии.

Безусловно, все эти вопросы находятся в поле зрения сельскохозяйственной науки. Имеется немало интересных новых разработок по совершенствованию энергетического обеспечения, новым способам получения, преобразования и использования энергии, новым энерго- и электротехнологическим процессам в сельхозпроизводстве. Все это должно как можно быстрее стать доступным для широкого применения в сельском хозяйстве.

На конференции нам предстоит обсудить новые научные подходы и разработки, обменяться знаниями и практическим опытом, оценить их значимость и эффективность и дать ряду из них одобрение для реализации в сельскохозяйственной практике.

Принимая во внимание столь высокопрофессиональный состав участников, Оргкомитет выражает твердую уверенность в том, что конференция пройдет на высоком уровне и ее решения послужат стимулом новой дальнейшей результативной работы в области энергообеспечения и энергосбережения в сельском хозяйстве».

В работе Конференции приняли участие специалисты Минсельхоза, Минэнерго, Россельхозакадемии, сотрудники 35 НИИ и 25 учебных организаций, работники сельскохозяйственных предприятий, КБ, органов государственного управления в субъектах РФ, исследователи и руководители организаций из Украины, Белоруссии, Литвы, Латвии, Чехии, Азербайджана, Узбекистана.

Всего в конференции приняло участие 187 специалистов, с докладами выступили 133 человека.

На конференцию поступило и опубликовано в 5 томах трудов конференции – 343 доклада, в том числе 18 докладов из стран дальнего и ближнего зарубежья: Азербайджана, Белоруссии, Украины, Латвии, Литвы, Туркмении, Узбекистана, Чехии, Казахстана.

Конференция аккредитована по Программе «Участник молодежного научно-инновационного конкурса» («У.М.Н.И.К.–2010»). В конкурсе приняли участие 11 молодых специалистов в том числе 9 от ГНУ ВИЭСХ в возрасте до 28 лет. По итогам проведенного в рамках конференции конкурса рекомендовано 8 работ для представления в «Фонд содействия развитию

малого предпринимательства (МП НТС)» в 2010 г. и 6 из них рекомендованы на конкурс по «Старту» движения «НАШИ» на оз. Селигер.

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

К началу работы конференции было издано 5 томов трудов, в которых опубликованы доклады и сообщения по тематике 6 секций:

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

Общий объем трудов конференции составил 112,5 печатных листа.

Участники конференции приняли **рекомендации**, в которых отмечено, что важнейшим показателем энергоэффективности производства сельхозпродукции является ее энергоемкость, то есть величина удельных затрат энергии на производство единицы продукции.

Уровень энергоэффективности сельхозпроизводства во многом определяет себестоимость продукции. Доля энергозатрат в смете затрат сельхозпредприятий на производство сельхозпродукции составляет весомую часть (от 10 до 50%), а учитываемая темпы роста стоимости энергоносителей, реализация энергосберегающих мероприятий в проблеме повышения энергетической эффективности сельхозпроизводства приобретает особое значение, особенно в условиях конкуренции с зарубежными предприятиями, где более высокий уровень технологий и производительности труда.

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

В сельском хозяйстве имеются значительные резервы повышения эффективности использования всех видов энергоресурсов, экономии традиционных их видов, широкого вовлечения в энергобаланс местных, нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, биомассы, растительных и древесных отходов.

Системы, сети и технические средства энергоснабжения во многих случаях устарели, срок их службы вышел за пределы допустимого, к тому же многие хозяйства и их эксплуатационные службы находятся в состоянии, не обеспечивающем нормальное обслуживание, ремонт и эксплуатацию энергетических сетей и оборудования.

Снизилась надежность и качество энергоснабжения, возросло число и продолжительность отключений электроэнергии по различным причинам.

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

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

Опыт использования местных энергоресурсов – дров, торфа, растительных и древесных отходов, а также энергии солнца, ветра и воды на селе имеется, так как до периода сплошной электрификации и централизованного энергоснабжения вышеперечисленные ресурсы широко использовались на селе в качестве топлива и энергии в простейших установках. Однако технологии и оборудование по их использованию были малоэффективны и имели низкий КПД.

Широкое вовлечение в энергобаланс села местных и возобновляемых энергоресурсов необходимо решать на более высоком технологическом и техническом уровне, с использованием новых технологий и нового энергоэффективного оборудования.

Реализация государственной программы «Развитие сельского хозяйства России до 2012 года» требует обеспечения надежного и эффективного энергообеспечения, принятия действенных мер по повышению эффективности использования топливно-энергетических ресурсов на селе, проведению активной энергосберегающей политики, реализации достижений научно-технического прогресса.

Наука должна обосновать и выработать рекомендации по решению практических задач энергообеспечения и энергосбережения, привлечению широкого круга специалистов в регионах, инженерно-энергетических служб на предприятиях АПК, вооружить их практическими знаниями по проведению обследования систем и средств энергообеспечения, энергоаудита, эффективному энергосбережению, налаживанию

действенного контроля и учета заказа и расхода энергоресурсов.

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

Отмечается достаточно высокий научный уровень заслушанных на конференции докладов в области энергообеспечения сельскохозяйственных объектов и энергосбережения, развития и совершенствования энергетической базы, создания новых энергоэкономных технологий, процессов, образцов техники и оборудования, развития инфокоммуникационных систем и нанотехнологий. Результаты исследований по новым разработкам являются базой для реализации инноваций, энергоэффективных мероприятий и действенного энергосбережения в АПК.

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

1. В целом одобрить результаты проводимых в научных коллективах сельскохозяйственных учреждений и организаций страны и ближнего зарубежья исследований, разработок, выводов и предложений, содержащихся в докладах и сообщениях участников конференции, как в основном отвечающие перспективным направлениям совершенствования энергетической базы села и инновационного развития систем и средств энергообеспечения.

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

3. Научно-исследовательским и конструкторским организациям Россельхозакадемии, подразделениям ведомств, учебных заведений, центров, занимающихся вопросами электромеханизации производства, энергообеспечения и энергосбережения, рекомендовать продолжить, расширить и углубить исследования по следующим направлениям:

- обоснование и разработка новых энергоэкономных машинных технологий, электротехнологий

и технических средств для сельхозпроизводства на базе электрификации, электромеханизации, тепло- и холодоснабжения, газификации, автоматизации, информатизации, а также с использованием нанотехнологий;

- разработка методологии совершенствования и оптимизации систем энергообеспечения применительно к конкретным сельскохозяйственным потребителям и объектам (в зависимости от месторасположения объектов, их энергетических потребностей, наличия местных и возобновляемых энергоресурсов);

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

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

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

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

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

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

- создание комбинированных установок на базе традиционных и возобновляемых энергоресурсов;

- производство газа, жидкого топлива из биомассы и сельскохозяйственных отходов для получения тепловой и электрической энергии;

- разработка энергоэффективных технологий получения биотоплива посредством переработки биомассы, отходов сельхозпроизводства в качественное жидкое (в т. ч. смесевое) и газообразное топливо, получение электроэнергии и теплоты;

- разработка и реализация способов получения композиционных видов смесевого жидкого топлива, обеспечивающих экономию основных компонентов до 30%;

- разработка энергоэффективных способов и новых технологий преобразования с высоким КПД возобновляемых энергоресурсов в тепловую и электрическую энергию и ее использование для энергоснабжения сельских потребителей, замещая потребление значительной доли традиционных энергоресурсов;

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

- разработка и реализация новых электромеханизированных и автоматизированных с элементами роботизации энергоэффективных процессов и технологий в животноводстве, растениеводстве и переработке сельхозпродукции, максимально реализующих потенциал животных, растений, энергию корма, обеспечивающих снижение энергозатрат и энергоемкости продукции до 40%;

- разработка системных мероприятий по энергосбережению в растениеводстве России, включая создание энергосберегающей техники нового поколения для растениеводства, в первую очередь:

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

- универсальных энергетических средств;

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

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

- разработка методологии и практических рекомендаций по энергетической оценке новых технологий, техники, оборудования, использования энергоносителей, выявления и реализации потенциала экономии ТЭР.

4. ГНУ ВИЭСХ как головной научной организации по электрификации и энергетике в АПК усилить координацию работ по развитию энергетической базы, повышению энергоэффективности и энергосбережению, доработать совместно с институтами-соисполнителями Стратегию развития энергетической базы сельского хозяйства и проект ведомственной целевой программы: «Развитие и модернизация систем энергообеспечения сельского хозяйства с широким использованием энергоэффективных технологий, местных и возобновляемых энергоресурсов на период 2011–2020 гг.».

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

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

7. Совместно с МСХ РФ разработать предложения по механизму введения льгот государственной поддержки работ использования местных, возобновляемых энергоресурсов, биомассы и отходов сельхозпроизводства в энергетике села.

8. Разработать нормативно-законодательную документацию, устанавливающую и регламентирующую требования к производству биотоплива, его качеству и условиям применения в сельском хозяйстве.

9. Научно-исследовательским и проектным организациям Украины, России и Белоруссии совместно разработать нормативную документацию по созданию и использованию теплоутилизационного оборудования применительно к условиям этих государств.

10. Обосновать необходимость и просить МСХ РФ обратиться в Правительство РФ с предложением по государственному регулированию тарифов на энергоносители, используемые для производства сельхозпродукции.

11. Считать целесообразным разработку механизма регулирования равноправных договорных отношений, сочетающих интересы производителей энергии, энергоснабжающих организаций и сельских ее потребителей.

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

13. Подготовить, издать и разослать в регионы каталог инновационных проектов и новых разработок, имеющих практическую значимость, обеспечивающих экономию топливно-энергетических ресурсов и повышающих энергоэффективность сельхозпроизводства, для реализации на местах.

14. Просить руководителей научных школ и государственных агроинженерных университетов ускорить создание учебных пособий и программ, монографий, методик и рекомендаций по современным электротехнологиям, инфокоммуникационным и энергетическим технологиям для АПК, включая основы возобновляемой энергетики, энергетическое использование биомассы, основы ветроэнергетики и т.д.

15. Шире привлекать к участию в конференциях по инженерно-техническому прогрессу в АПК аспирантов и молодых ученых; рекомендовать ВУЗам проведение специальных курсов для студентов с целью привлечения их к поступлению в аспирантуру и организацию совместных с НИИ кафедр по данному направлению.

16. Считать полезным состоявшийся обмен научно-технической информацией, обсуждение полученных результатов, а также новых идей в области создания энергоэффективных технологий, энергоэффективности, энергообеспечения и энергосбережения, а саму проблему энергетического обеспечения АПК считать, безусловно, актуальной, требующей ускоренного ее решения в научном и практическом плане.

17. Провести 8-ю Международную научно-техническую конференцию «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве» в мае 2012 года.

Редакционно-издательская группа ГНУ ВИЭСХ Россельхозакадемии

Редактор *Т.А. Гудкова*

Подписано в печать 30.12.2010. Формат 60x84/8. Объем 22 печ. л.

Тираж 100 экз. Печать офсетная. Заказ №

Отпечатано в ФГУП «Типография» Россельхозакадемии
115598, Москва, ул. Ягодная, д. 12