ВЕСТНИК ВИЭСХ

№3(8) 2012

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

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

Адрес редакции:
109456, г. Москва,
1-й Вешняковский проезд, 2.
Телефон: (499) 171-22-91
Факс: (499) 170-51-01
E-mail: vestnikviesh@gmail.com
Свидетельство о регистрации
ПИ № ФС77-46497 от 08.09.2011 г.
Выходит 4 раза в год.
Научный редактор выпуска
А.В. Тихомиров
Компьютерный оригинал-макет
М.П. Татаринова
Подписано в печать 21.08.2012 г.
Формат 60×84/8. Объем 9,75 печ.л.
Тираж 100 экз. Печать офсетная.
Заказ № 49

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

ISSN 2304-5868

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

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

По материалам 8-й Международной научно-технической конференции «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве» (Москва, ГНУ ВИЭСХ Россельхозакадемии, 16-17 мая 2012 г.)

Содержание номера

Академику-секретарю ОМЭА РАСХН Горбачеву И.В. 65 лет…..... **2**
Стребков Д.С. Перспективы развития возобновляемой энергетики….. **3**
Цой Ю.А. Состояние и перспективы развития технологий мехатроники и роботизированных процессов в технологической модернизации молочных ферм…… **9**
Крауси В.Р. Электроробототизация производства – основной путь модернизации АПК до 2020 года…… **12**
Тихомиров А.В., Уханова В.Ю., Николаева Е.Н. Показатели оценки эффективности систем энергообеспечения сельских объектов…….. **18**
Маркелова Е.К. Разработка нормативной базы расхода электрической энергии по объектам сельскохозяйственного производства…… **21**
Растимешин С.А., Долгов И.Ю., Тихомиров Д.А., Фильков М.Н. Основные направления развития систем теплоэнергоснабжения сельскохозяйственного производства…… **25**
Ковалев А.А., Харченко В.В. Показатели работы тепловых насосов компрессионного и абсорбционного типа в системе теплоснабжения биогазовой установки…….. **30**
Карташов С.Г., Клычев Е.М., Резник Е.И., Лебедев Д.П. Энергоэффективный термореактор для обработки фуражного зерна и комбикормов…….. **34**
Антуфьев И.А. Энергосберегающая фабрика-теплица для интенсивного растениеводства…….. **36**
Прокофьев Д.С., Семенов Д.А. Перспективы использования светодиодных светильников в тепличных электротехнологиях…….. **40**
Лямцов А.К., Малышев В.В., Гришин К.М. Выбор параметров светильников со светодиодными лампами для освещения птицы при клеточном содержании…….. **43**
Тихомиров Д.А. Программа расчета потребной мощности отопительной установки и годового расхода тепловой энергии на животноводческих объектах…….. **47**
*Васильев А.Н., Будников Д.А.*Совершенствование способов и оборудования для сушки зерна…….. **51**
Некрасов А.И., Борисов Ю.С., Некрасов А.А., Марчевский С.В. Перспективные разработки по эксплуатации электродвигателей……. **55**
Осипенко В.Т. Методический подход к обеспечению электробезопасности электротехнических установок в сельском хозяйстве…….. **57**
Кириенко Ю.И., Башилов А.М. Выбор и обоснование технологических схем поточных линий и параметров блока дефектации клубней картофеля…… **60**
Гусаров В.А., Кулагин Я.В. Применение газотурбинных энергогенераторов в сельском хозяйстве……. **63**
Першин А.Ф., Богданов К.В., Смирнов А.А. Обработка озоновоздушными смесями зернистых материалов…… **66**
Дубровин А.В. Устранение методической погрешности объемного дозирования смесей при поении и кормлении в животноводстве..... **69**
Дудин С.Н., Тихомиров Д.А. Устройства аккумуляционного типа для нагрева воздуха…… **73**
Коршунов Б.П., Учеваткин А.И., Марьяхин Ф.Г., Коршунов А.Б., Власов А.В. Система дистанционного контроля потоков молока на фермах с использованием электромагнитных средств измерения.....…….. **75**

© ГНУ ВИЭСХ Россельхозакадемии, 2012.

Академику-секретарю
Отделения механизации, электрификации
и автоматизации Россельхозакадемии

ГОРБАЧЕВУ ИВАНУ ВАСИЛЬЕВИЧУ

65 лет

Уважаемый Иван Васильевич!

Коллектив Всероссийского научно-исследовательского института электрификации сельского хозяйства горячо и сердечно поздравляет Вас с 65-летием со дня рождения и 51-летием производственной, научной и научно-организационной деятельности!

За эти годы Вы прошли славный путь от лаборанта отдела механизации ВНИИ льна до академика-секретаря Отделения механизации, электрификации и автоматизации Россельхозакадемии, члена-корреспондента РАСХН, доктора сельскохозяйственных наук, профессора.

Большая часть Вашей трудовой деятельности связана с МСХА им. К.А. Тимирязева, где Вы прошли путь от ассистента до декана агрономического факультета, профессора и сформировались как ученый. Ваши разработки в области создания современных технологий возделывания, уборки и послеуборочной обработки сельскохозяйственных культур широко представлены в 300 научных работах, в том числе 27 монографиях, учебниках и учебных пособиях, защищены 34 патентами и авторскими свидетельствами на изобретения. По Вашим учебникам обучаются студенты аграрных вузов, техникумов и колледжей, а также ряда вузов Минобразования Российской Федерации.

Знание проблем производства и возможностей Высшей школы позволило Вам инициировать разработку и внедрение в сельхозвузах России новой специальности: «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции», а также восьми новых специализаций.

В течение нескольких лет Вы работали в экспертном совете ВАК России и являетесь членом двух диссертационных советов. Свой научный опыт Вы успешно применяли при подготовке кадров: создали научную школу, подготовили 11 докторов и кандидатов наук, руководите докторантами и аспирантами.

И сейчас, работая в должности академика-секретаря, Вы занимаетесь проблемой пополнения научных институтов Россельхозакадемии молодыми квалифицированными кадрами и укрепления связей НИИ с вузами.

Еще раз поздравляем Вас со знаменательным юбилеем, желаем новых творческих успехов в работе, крепкого здоровья и большого счастья в жизни!

Директор института Д.С. Стребков

УДК 621.383+621.548+662.63+631.95

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Академик Россельхозакадемии Д.С. Стребков
(ГНУ ВИЭСХ)

Рассматриваются российские и мировые инновационные технологии солнечной фотоэлектрической энергетики как альтернатива топливной энергетике. Проанализированы модели Российской солнечной энергосистемы, Евро-азиатской и глобальной солнечной энергосистем.

Освоение технологий использования возобновляемой энергии решает проблемы загрязнения среды обитания выбросами электростанций и транспорта, обеспечения качественными продуктами питания, увеличения продолжительности и качества жизни.

Даны направления применения и развития волноводных методов передачи электрической энергии.

Ключевые слова: *солнечный кремний; солнечные элементы; солнечные концентраторы; фотоэлектрические модули; ветровая, геотермальная и морская энергетика; биоэнергетика и малая гидроэнергетика; резонансная однопроводниковая система передачи электрической энергии.*

In the article considered Russian and world leading technologies of solar photoelectric energy as alternative to fuel energy. Analysed models Russian solar energy systems, Euro-asiatic and global solar power systems.

Mastering technology use renewable energy utilization solves the problems of the soiling the ambience обитания surge power station and transport, provision qualitative product feeding, increase to length and quality to lifes.

They are given directions of the using and developments волноводных methods of the transmission to electric energy.

Keywords*: solar silicon; solar elements; the solar concentrators; the photo-electric modules; wind-, hot water- and sea energy; bioenergy and small hydra-energy; resonance one conductors system of the transmission to electric energy.*

Введение

Менее чем через 25 лет после Чернобыльской катастрофы мир стал свидетелем аварии на АЭС «Фукусима» в Японии с зоной отчуждения и последствиями, близкими к Чернобыльской катастрофе. Если из четырех блоков Чернобыльской АЭС был разрушен один, а остальные три проработали еще 10 лет, то на «Фокусиме-1» четыре блока полностью разрушены и уже никогда не будут работать. Сто тысяч человек были вынуждены покинуть свои дома. Фабрика по производству чая, расположенная в 300 км от АЭС «Фукусима», остановлена из-за заражения чайных плантаций радиоактивным цезием. Авария на «Фукусиме» снова показала, что ядерная энергетика неконтролируема и опасна [1]. В результате Германия решила до 2022 г. закрыть все свои атомные станции. Китай, Италия, Венесуэла и ряд других стран решили остановить новое строительство АЭС на своей территории.

Президент Барак Обама заявил 26 мая 2010 г. во время посещения фабрики по производству фотоэлектрических систем в Калифорнии: «Нация, которая лидирует в экономике чистой энергетики, возможно, будет лидером в глобальной экономике» [2]. Правительство США выделило из бюджета 2,36 млрд долл. на повышение эффективности использования возобновляемых энергоресурсов, в том числе 500 млн долл. на гарантии по кредитам на развитие ВИЭ в объеме до 3-5 млрд долл. Будет продолжено финансирование трех инновационных энергетических центров по солнечной энергетике, проектам домов с нулевым потреблением и по проблемам аккумулирования электроэнергии.

А что же Россия? Президент Д.А. Медведев заявлял, что «у атомной энергетики нет альтернативы», и, по-видимому, это заявление было подготовлено Росатомом.

На самом деле альтернатива у атомной энергетики есть. Различие между Чернобылем и Фукусимой состоит в том, что сегодня мы имеем развитые альтернативные энергетические технологии бестопливной возобновляемой энергетики.

Установленная мощность электростанций, использующих возобновляемые источники энергии (ВИЭ) (ветровая, солнечная, геотермальная и морская энергетика, биоэнергетика и малая гидроэнергетика), превысила в 2010 г. установленную мощность АЭС в мире и составила 388 ГВт (рост на 60 ГВт по сравнению с 2009 г.). Объем инвестиций в мировую возобновляемую энергетику составил в 2010 г. 243 млрд долл., рост инвестиций 630% с 2004 г. [3]. КНР занимает первое место в мире с 25% долей

инвестиций (54,4 млрд долл.), Германия на втором месте (41,2 млрд долл.) и США на третьем месте (34 млрд долл.). Ветровая энергетика лидирует среди других видов ВИЭ по объемам инвестиций – 95 млрд долл. США.

По темпам роста первое место занимает солнечная энергетика. В 2010 г. в мире построено 27,2 ГВт солнечных электростанций (СЭС), в том числе Германия 7 ГВт, Италия 5,6 ГВт, Чехия 1,2 ГВт, Япония 1 ГВт. Темпы роста производства СЭС составили 118% по сравнению с 2009 г. В конце 2011 г. установленная мощность СЭС в мире достигала 60 ГВт [4]. Ни одна отрасль промышленности в мире, включая телекоммуникации и производство компьютеров, не имела таких темпов роста. Для сравнения, в 2010 г. в мире завершено строительство трех АЭС общей мощностью 3 ГВт, которое продолжалось более 5 лет.

Диверсификация гражданского сектора Росатома, который имеет высокий технологический, научный и производственный потенциал, заключается в преобразовании его в Российское Агентство по чистой энергетике (clean energy, по терминологии Б. Обамы), или Российское Агентство по возобновляемой энергетике (РосВЭ), или Российское Агентство по солнечной энергетике (РОССЭ). Основной задачей нового агентства является коммерциализация инновационных российских солнечных технологий и создание экспортно ориентированной отрасли промышленности по производству и строительству экологически чистых бестопливных электростанций в объеме 10-20 ГВт в год, 15-30% от мирового уровня производства.

Наличие уникальных запасов углеводородного сырья не является препятствием для развития использования ВИЭ. Большие ресурсы энергоносителей позволяют России не делать стратегических ошибок в выборе оптимальных технологий и направлений развития ВИЭ и создать с учетом опыта западных стран, Китая и Японии собственные инновационные технологии и крупномасштабные проекты использования ВИЭ. Масштабное развитие использования ВИЭ в России должно базироваться на оригинальных инновационных российских технологиях.

1. Российские инновационные технологии солнечной фотоэлектрической энергетики

1.1. Солнечный кремний

95% всех СЭС в мире изготавливаются из кремния. Содержание кремния в земной коре 29,5% массы – второе место после кислорода, содержание урана 0,0003%. Несмотря на то, что кремния в земной коре больше, чем урана в 98300 раз, стоимость монокристаллического кремния лишь немного уступает стоимости урана, что связано с устаревшей грязной хлорной технологией производства (Сименс-процесс). В ГНУ ВИЭСХ разработаны уникальные бесхлорные технологии получения кремния с низкими энергетическими затратами, на которые получено 8 патентов РФ и США.

Другой подход заключается в снижении расхода кремния на один мегаватт мощности с 6-8 т в настоящее время в 100-1000 раз за счет использования новых типов концентраторов и матричных кремниевых солнечных элементов (МСЭ), разработанных в России.

1.2. Солнечные концентраторы

В ГНУ ВИЭСХ разработаны и запатентованы солнечные концентраторы со слежением за Солнцем с концентрацией 100-1000 и без слежения за Солнцем – стационарные неследящие концентраторы с концентрацией 3-5 [5, 6]. Оба типа концентраторов обеспечивают равномерное освещение солнечных фотоэлектрических модулей, что исключительно важно при эксплуатации СЭС с концентраторами. Неследящие концентраторы концентрируют не только прямую, но и большую часть диффузной (рассеянной) радиации в пределах апертурного угла, что увеличивает установленную мощность СЭС и производство электроэнергии.

1.3. Солнечные элементы

Созданные в ГНУ ВИЭСХ МСЭ из кремния имеют КПД 20% при 50-1000-кратной концентрации солнечного излучения [5]. Запатентованные в России двухсторонние планарные СЭ и МСЭ прозрачны для неактивной инфракрасной области спектра, что снижает нагрев фотоприемника и затраты на его охлаждение. Преимуществом МСЭ является генерация высокого напряжения 15-20 В на 1 погонный см рабочей поверхности.

В испанской солнечной электростанции проекта «Эвклид» с концентратором пиковой мощностью 480 кВт для получения рабочего напряжения 750 В, необходимого для присоединения к бестрансформаторному инвертору, использовались последовательно соединенные планарные солнечные кремниевые модули общей длиной 84 м [7]. МСЭ напряжением 750 В имеют длину в 191 раз меньше – 0,44 м, при этом МСЭ имеет рабочий ток в сотни раз меньше, чем планарные СЭ одинаковой мощности и,

как следствие, низкие коммутационные потери. Приемник на основе МСЭ длиной 84 м будет иметь напряжение 150 кВ и в этом случае СЭС может быть подключена к высоковольтной ЛЭП постоянного тока без промежуточных трансформаторов, выпрямителей и других преобразующих устройств.

МСЭ из кремния в сотни раз дешевле солнечных элементов на основе каскадных гетероструктур на единицу площади, технология МСЭ не требует применения серебра, многостадийной диффузии, фотолитографии, сеткографии, эпитаксии, текстурирования и других трудоемких операций, используемых на зарубежных заводах.

1.4. Солнечные фотоэлектрические модули

Все существующие в мире конструкции, материалы и технологии изготовления солнечных модулей обеспечивают срок службы модулей 20 лет в тропическом климате и 25 лет в умеренном климате с потерей до 20% мощности к концу срока службы. Причина – ультрафиолетовая и температурная деградация оптических полимерных герметизирующих материалов – этиленвинилацетата и других пластиков. Используемая технология ламинирования модулей включает вакуумирование, нагрев до 150^{o}C и прессование с затратами электроэнергии 80 000 кВт·ч на изготовление 1 МВт солнечных модулей. В новой технологии, разработанной в ГНУ ВИЭСХ, этиленвинилацетат и технология ламинирования заменены на заливку силиконовой композиции с последующим отверждением жидкой компоненты в полисилоксановые гели. При этом срок эксплуатации солнечных модулей увеличивается в два раза до 40-50 лет, возрастает электрическая мощность модулей благодаря более высокой прозрачности геля и снижению рабочей температуры СЭ, снижаются энергозатраты на изготовление модулей на 70 000 кВт·ч/МВт. Кроме того, удвоение срока службы увеличивает производство электроэнергии на 20 млн кВт·ч на 1 МВт пиковой мощности.

1.5. Стоимость солнечного электричества

Минимальная стоимость солнечных модулей из кремния на оптовом европейском рынке составляет 1250 евро/кВт, на американском рынке 1700 долл./кВт. Стоимость изготовления СЭС под ключ составляет для сетевых компаний 3400 долл./кВт, для владельцев домов 6500 долл./кВт [4]. Министерство энергетики США в августе 2010 г. объявило о программе снижения к 2012 г. стоимости производства сетевых СЭС до 1000 долл./кВт, а солнечных модулей до 500 долл./кВт. Стоимость изготовления солнечных модулей составляет 50% от стоимости СЭС, еще 50% стоимости включает закупку сетевого инвертора, металлоконструкций, кабелей и строительно-монтажные работы.

На региональном уровне в Италии и других странах мира и в ряде регионов России достигнут паритет цен между тарифами на электроэнергию от сети и ценой электрической энергии от СЭС. Например, в Калмыкии, Курской области, в ряде районов Якутии, Чукотки стоимость электроэнергии для юридических лиц составляет 7-9 руб./кВт·ч (0,25-0,32 долл./кВт·ч), что соизмеримо с существующей ценой электроэнергии от СЭС. Везде, где используются дизельные электростанции, тарифы на электроэнергию выше, чем стоимость электроэнергии от СЭС.

В ближайшие годы КПД МСЭ из кремния будет увеличен до 25-30% при работе с концентратором. Однако уже сейчас использование новых технологий кремния, концентраторов и МСЭ позволяет создавать солнечные электростанции, конкурентоспособные с электростанциями, работающими на угле.

1.6. Круглосуточное производство солнечной электроэнергии

Проблема непрерывного круглосуточного и круглогодичного производства электроэнергии солнечными электростанциями является основной в развитии глобальной бестопливной энергетики и обеспечения ее конкурентоспособности с топливной энергетикой. В ГНУ ВИЭСХ разработаны и запатентованы региональные и глобальные солнечные энергетические системы, позволяющие вырабатывать и доставлять электроэнергию потребителям независимо от времени суток и времен года [5, 8].

1.6.1. Российская солнечная энергосистема

Проведено компьютерное моделирование российской солнечной энергосистемы из двух СЭС, установленных на Чукотке и в Калининграде (РФ) или г. Пинске (Республика Беларусь) и соединенных с объединенной энергосистемой России. Фотоактивная площадь СЭС с КПД 20% составляет квадрат со стороной 25 км. Пиковая мощность каждой СЭС 125 млн кВт. В качестве исходных данных для расчета использованы средние многолетние значения инсоляции в местах расположения СЭС. Солнечная энергосистема позволяет круглосуточно в течение 5 месяцев (с 1 апреля по 1 сентября) поставлять

электроэнергию в энергосистему России в объеме 500 ТВт·ч и удовлетворить все потребности России в электроэнергии за этот период. Еще в течение двух месяцев в марте и в сентябре продолжительность электроснабжения составляет 22 часа в сутки. При этом все топливные электростанции в течение 5 месяцев будут переведены в разряд резервных, а сэкономленные газ, нефть и уголь могут быть поставлены на экспорт.

Если включить в эту энергосистему СЭС в пустыне Каракум в Туркменистане, то объемы круглосуточного производства электроэнергии будут достаточны для электроснабжения всех стран СНГ в течение 6 месяцев.

1.6.2. Евро-азиатская солнечная энергосистема

Евро-азиатская солнечная энергосистема Чукотка-Лиссабон позволит обеспечить все страны Европы и СНГ электроэнергией круглосуточно в течение 7 месяцев (с 1 марта по 1 октября).

Евро-азиатская энергосистема состоит из двух СЭС пиковой мощностью 1,5 ТВт. Если включить в эту энергосистему СЭС в Тибете (Монголия, Китай) и СЭС в Мавритании (Африка), то круглосуточное производство электроэнергии в объеме 6000 ТВт·ч в год будет достаточно для электроснабжения Европы, СНГ, северных стран Азиатского и Африканского континентов в течение 7 месяцев.

1.6.3. Глобальная солнечная энергосистема

Глобальная солнечная энергосистема соединена с национальными энергосистемами и состоит из трех СЭС, установленных в Австралии, Северной Африке и Латинской Америке. КПД СЭС равен 25%, пиковая электрическая мощность каждой СЭС 2,5 ТВт, размеры 190×190 км^2. Глобальная солнечная энергосистема генерирует электрическую энергию круглосуточно и равномерно в течение года в объеме 17 300 ТВт·ч/год на уровне, соответствующем мировому потреблению. Это позволит перевести все угольные, газовые и атомные станции в мире в разряд резервных электростанций, уменьшить перегрев атмосферы и остановить изменение климата.

В качестве источника электрической энергии в резонансной глобальной солнечной энергосистеме может быть использована не только СЭС, но и другие возобновляемые источники энергии (ГЭС, ВЭС, ГЕоТЭС и др.).

Россия отстает от Западных стран в технологии ветровых лопастных турбин мегаваттного уровня. Однако в области малой ветроэнергетики инженер ГНУ ВИЭСХ С.А. Болотов разработал и организовал первое в мире производство бесшумных ВЭС без лопастей мощностью 1-5 кВт, которые удовлетворяют всем требованиям экологической безопасности и, в отличие от лопастных турбин, могут работать в диапазоне скоростей ветра от 3 до 50 м/с.

Для создания региональных и глобальной солнечной энергетической системы в России созданы новые технологии, обеспечивающие конкурентоспособность солнечной энергетики по следующим критериям:

- КПД солнечных электростанций должен быть не менее 25%.
- Срок службы солнечной электростанции должен составлять 50 лет.
- Стоимость установленного киловатта пиковой мощности солнечной электростанции не должна превышать 2000 долл.
- Объем производства солнечных электростанций должен быть 100 ГВт в год.
- Производство полупроводникового материала для СЭС должно превышать 1 млн т в год при цене не более 25 долл./кг.
- Круглосуточное производство электрической энергии солнечной энергосистемой.
- Материалы и технологии производства солнечных элементов и модулей должны быть экологически чистыми и безопасными.

Создание региональных и глобальной солнечных энергосистем уже началось. Консорциум компаний и Дойче Банк в Германии планируют создать СЭС 100 ГВт в пустыне Сахара стоимостью 400 млрд евро для электроснабжения Европы. Создаются СЭС мощностью сотни мегаватт в Испании, Германии, Италии, Китае, США и Австралии.

Начало функционирования глобальной солнечной энергетической системы прогнозируется в 2050 г., выход на полную мощность в 2090 г. В результате реализации проекта доля солнечной энергетики в мировом потреблении электроэнергии составит 75-90%, а выбросы парниковых газов будут снижены в 10 раз.

1.7. Обеспечение экологических характеристик производства энергии

Человечеству не грозит энергетический кризис, связанный с истощением запасов нефти, газа, угля, если оно освоит технологии использования возобновляемой энергии. В этом случае будут также решены проблемы загрязнения среды обитания выбросами электростанций и транспорта, обеспечения качественными продуктами питания, получения образования, медицинской помощи, увеличения про-

должительности и качества жизни. СЭС создают новые рабочие места, улучшают качество жизни и повышают энергетическую безопасность и независимость владельцев СЭС за счет бестопливного и распределенного производства энергии.

Разрабатываются технологические процессы производства компонентов СЭС, в которых экологически неприемлемые химические процессы травления и переработки заменяются на вакуумные, плазмохимические, электронно-лучевые и лазерные процессы. Серьезное внимание уделяется утилизации отходов производства, а также переработке компонентов СЭС после окончания срока службы.

При использовании СЭС органически сочетаются природные ландшафты и среда обитания с энергетическими установками. СЭС образуют пространственно-архитектурные композиции, которые являются солнечными фасадами или солнечными крышами зданий, ферм, торговых центров, складов, крытых автостоянок, теплиц. На территории СЭС можно размещать виноградники, розарии и выращивать экологически чистые сельскохозяйственные культуры.

1.8. Волноводные методы передачи электрической энергии

В связи с развитием объединенных энергосистем в Европе, Северной и Южной Америке и предложениями по созданию глобальной солнечной энергосистемы появились задачи по созданию технологии передачи тераваттных трансконтинентальных потоков электрической энергии. В конкуренцию между системами передачи на переменном и постоянном токе может вступить третий метод: резонансный волноводный метод передачи электрической энергии на повышенной частоте, впервые предложенный Н. Тесла в 1897 г. и разработанный в ГНУ ВИЭСХ в 1995-2010 годах [8].

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 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 [9; 10].

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 ГНУ 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.

Из других применений резонансной электроэнергетики, основанной на незамкнутых токах, следует выделить 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 и пожароопасных производств.

Для сомневающихся 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 %, 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.*

Солнечная электроэнергетика нуждается в поддержке государства для законодательного и нормативно-правового обеспечения реализации пилотных и демонстрационных проектов, ждет частный капитал и нового Моргана, банкира, который 100 лет назад финансировал работы Н. Тесла.

Динамично развивающаяся солнечная энергетика, основанная на инновационных российских и мировых технологиях, является альтернативой топливной энергетике и в 2050 г. будет доминировать на рынке энергетически чистых технологий, а к концу XXI века обеспечит 75-90% всех потребностей Земли в электрической энергии.

Литература

1. Photon International, April 2011, p. 3.
2. Sun and Wind Energy, 7/2010, p. 8.
3. Renewable Energy Focus, March/April 2011, p. 1, 4. 52-54.
4. Photon International, March 2011, p. 1. 186.
5. *Стребков Д.С.* Матричные солнечные элементы. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2009. - Т. 1. - 118 с.; Т. 2. - 227 с.; Т. 3. - 310 с.
6. *Стребков Д.С., Тверьянович Э.В.* Концентраторы солнечного излучения. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2007. - 315 с.
7. *Sala G., Arboiro J.C., Luque A., Anton I. et al.* 480 kW peak Concentrator Power Plant using EUCLIDES^{TM} Paralolic Trough Technology, 1998, 2nd WC PV SEC, Vienna.
8. *Стребков Д.С., Некрасов А.И.* Резонансные методы передачи и применения электрической энергии. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2008. - 351 с.
9. *Стребков Д.С.* Об электроэнергетике, основанной на незамкнутых электрических токах // Проблемы использования альтернативных источников энергии в Туркменистане. Материалы Международной научной конференции (24-25 февраля 2010 г.). Ашгабад: Изд-во «Ылым», 2010, с. 26-30.
10. Уроки Фукусимы: есть ли альтернатива атомной энергии // Энергетика и промышленность России. 2011. № 12 (176). С. 46-47.

УДК 636:631.14.002.5

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ МЕХАТРОНИКИ И РОБОТИЗИРОВАННЫХ ПРОЦЕССОВ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ МОЛОЧНЫХ ФЕРМ

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

Проанализировано состояние, опыт работы ВИЭСХ и основные направления развития работ по технологиям мехатроники, системам идентификации и роботизированным системам в области молочного скотоводства.

Ключевые слова: *мехатроника; системы идентификации; роботизированные системы, точное животноводство; роботизированные системы обслуживания животных; молочное скотоводство.*

In the article organized analysis condition, experience of the work VIESH and the main trends of the development of the work on technology «mechatronik», system to identifications and robotized system in the field of milk cattle breeding.

Keywords*: technology «mechatronik»; the systems to identifications; the exact stock-breeding; the robotized systems of the service animal; the milk cattle breeding.*

Работы по технологиям мехатроники, системам идентификации и роботизированным системам включены Правительством РФ в перечень критических технологий XXI века. Применительно к молочному животноводству интеграция и конвергация этих трех компонентов технологической платформы составляют по существу инструментальную технологическую базу для реализации концепции точного животноводства. В свою очередь интегрированные локальные цифровые системы контроля и управления в сочетании с системами идентификации являются неотъемлемой частью роботизированных систем обслуживания животных. Первое направление – технология мехатроники – остается достаточно спорным понятием, хотя есть стандартное определение. Для нас более привычен термин «электромеханика». Однако во избежание недоразумений мы в дальнейшей работе будем использовать термин «мехатроника», указанный в решении правительства.

Конкуренция за инновационное лидерство в этой сфере является только частью более общей глобальной борьбы передовых стран в области так называемой НБИК-технологии от начальных букв Н-нано, Б-био, И-инфо, К-когно (лат. *Cognitio* – познание, познавание, познавательные функции). Последняя составляющая – это то, к чему нас неоднократно призывал академик Н.В. Краснощеков – получение новых актуальных знаний и разработка на их основе способов и алгоритмов оптимизации и управления процессами.

В данной статье хотелось бы остановиться на состоянии, опыте ВИЭСХ и основных направлениях развития работ по технологиям мехатроники, системам идентификации и роботизированным системам в области молочного скотоводства.

Хронологически первой работой нашего отдела в этой области, доведенной до стадии бизнес-продукта, был программируемый многофункциональный блок управления «Фематроник-С». Теоретической основой предложенного устройства явились результаты исследований и моделирования импульсного преобразователя случайного потока молока на доильных установках. Была установлена связь между интегралом случайного потока и параметрами импульсной модуляции. Кроме того, В.В. Кирсановым была установлена возможность и разработаны алгоритмы технической диагностики молочной линии на основе анализа характеристик импульсной модуляции, на основе «Фематроника–С» была разработана и испытана установка для учета молока в отделениях миницехов по переработке молока.

Всего на фермы поставлено более 300 штук «Фематроников». Северо-Западная МИС в сравнительных испытаниях доильной установки с молокопроводом УДМ-200 отметила «Фематроник» как одно из главных конкурентных преимуществ.

Для группового учета был разработан учетно-транспортный блок с электронной системой управления УТБ-50. Для повышения точности измерения был предложен новый способ –

измерительная камера с виртуальными объемами, что позволило за счет относительного сокращения переходных процессов существенно повысить точность.

В настоящее время технологии бесконтактной идентификации получили широкое распространение в России и мире в различных отраслях: контроль доступа в здания, транспортная и складская логистика, медицина, библиотеки, банковское дело, электронные паспорта, животноводство и др. Только для упорядочения работ по радиочастотной идентификации созданы и функционируют две международные организации по разработке стандартов и радиочастотной идентификации RFID. Свою задачу по этому направлению мы видим в следующем:

- обеспечение постоянного контроля за ситуацией на рынке систем идентификации и выбор оптимального по массогабаритным и ценовым показателям, расстоянию и надежности считывания, возможности адаптации к условиям ферм;

- повышение надежности функционирования системы и идентификации за счет их взаимной адаптации с технологическим оборудованием и программным обеспечением.

Сейчас в отделе разрабатывается программный метод поиска и восстановления данных по доению при потере транспондера или выходе его из строя. А это случается у всех. Суть срабатываемого алгоритма заключается в следующем. На любую корову в компьютер вносится следующая информация: электронный и доильный номера, номер технологической группы, показатели молокоотдачи, промежутков времени суток, когда группа находится на дойке в доильном зале. Путем последовательного сканирования массива данных определяют номер технологической группы, где находится корова с неисправным пли потерянным транспондером, затем определяется визуальный номер коровы и на последнем этапе осуществляется трансфер индивидуальных данных по доению в нужный файл.

Информационные технологии в машинном доении могут находить неожиданные применения. Из теории лактации известно, что для возникновения полноценного рефлекса молокоотдачи необходим энергичный массаж вымени. Качественное выполнение этой важнейшей операции зависит только от «человеческого фактора». Фирмой Bou Matic для оценки качества выполнения этой операции предложен тест, построенный на основных положениях физиологии лактации. Если оператор добросовестно выполнил преддоильную подготовку вымени и вызвал полноценный рефлекс молокоотдачи, в первые 5 с скорость доения должна быть не менее 1,5 л/мин, а за первые две минуты должно быть выдоено не менее 75% молока. Такие показатели рекомендуются стандартом ISO 5707-2007 и легко проверяются менеджером после дойки, так как в компьютере есть соответствующие данные.

Накопленный опыт использования транспондеров и опыт создания установок для содержания телят, приготовления и раздачи им молока позволяет перевести в практическую плоскость работу по созданию робота для выпойки. Эту работу планируется провести с нашими давними коллегами из ярославского института НИИЖК. От них мы ждем программу выпойки телят молоком в зависимости от их индивидуальных особенностей.

В начале 1990-х в ВИЭСХе был разработан транспортный робот-кормораздатчик концкормов ТКР-05 в рамках конкурсного проекта Агроноосфера-2000. Робот имел фотооптическую систему позиционирования, бортовой контроллер для управления, автономный источник питания с кислотными свинцовыми аккумуляторами, зарядное устройство, бункер с концкормом, закрепленный на тензодатчиках для взвешивания, и объемный шнековый дозатор с регулируемым приводом и сбрасывающим устройством на конце. Робот имел бесконтактные ИК-порты для связи с центральным компьютером фермы. Для повышения точности дозирования был разработан специальный корректирующий алгоритм, который в зависимости от объемной массы концкорма вносил коррективы в работу объемного дозатора. Минимальная погрешность при лабораторных испытаниях не превышала 4%. Недостатком ТКР-05 оказался источник питания: большая масса и малая емкость. Тогда не было современных литийполимерных аккумуляторов, которые используют западные фирмы в роботах для раздачи кормов, удаления навоза

Более 10 лет назад был выпущен первый доильный робот фирмой Lely, и с тех пор не ослабевает интерес к ним с точки зрения их эффективности и перспективы по сравнению с традиционными технологиями. На выставке «Euro Tier-2010» фирмой «Де Лаваль» была представлена «Карусель» на 24 места с 5 роботами. В конце 2010 года была опубликована очень обстоятельная статья проф. Шлейтцера из Германии по сравнительной оценке по результатам трехлетней эксплуатации доильных роботов

трех ведущих фирм: Lely, Де Лаваль и ГЕА (Вестфалии Седж) и «Карусели» на 48 мест. Установлено следующее:

- при должной норме выполнения подготовительных операций доильным роботом их длительность составляла на одну короводойку от 1,31 до 2,76 мин., в то время как обученный дояр на выполнение этих операций затрачивает менее 0,5 мин.;

- в среднем частота доения коров на роботе составляла от 2,41 до 2,74 раз;

- затраты рабочего времени (чел.-ч) на доение при помощи робота составили в расчете на одну корову в год от 4,76 до 5,96;

- в расчете на ферму в 1200 голов затраты с использованием доильных роботов были выше почти на 20%, чем с использованием «Карусели».

Таким образом, в настоящее время нет возможности однозначно ответить на вопрос: чему отдать предпочтение? По-видимому, оба метода доения будут развиваться параллельно.

Многолетний опыт использования доильных роботов не оправдал некоторых ожиданий, и в частности средняя частота захода коровы в бокс оказалась меньше ожидаемой и составила 2,7. Соответственно и увеличение надоя составило примерно 10%, что соответствует переходу на трехкратное доение. Как показали исследования проф. Шляйтцера, полностью освободиться от присутствия человека не удалось.

Вместе с тем, все без исключения отмечают хорошие гигиенические условия для получения молока высокого качества за счет автоматизации сдаивания первых струек молока, обмыва сосков, контроля электропроводимости и температуры молока от каждой доли вымени, почетвертного отключения доильных стаканов. С этих позиций представляют большой интерес боксовые доильные установки, оснащенные такими доильными аппаратами, однако в отличие от роботов предусматривающие ручное подключение доильных стаканов. Прототипом может служить доильная установка «Мультилактатор».

За счет сокращения продолжительности подготовительных операций (холостого хода) производительность может быть выше, чем у многобоксовых доильных роботов.

Более 70% коров содержатся на фермах с привязным содержанием с доением в молокопровод и даже согласно прогнозу – к 2020 году на них будет содержаться большая часть поголовья. Для таких ферм предполагается разработка переносного доильного аппарата с потокомером и электронным блоком управления с автоматическим или ручным вводом номера коровы, архиватором данных и интерфейсом для связи и передачи данных в компьютер при промывке доильных аппаратов.

Всегда большое внимание уделялось автоматизированным системам удаления навоза, поскольку от этого зависит уровень комфорта содержания животных и работы обслуживающего персонала, качество молока и качество навоз-органического удобрения. Сегодня почти все ведущие фирмы, выпускающие навозоуборочную технику, имеют в своем портфеле помимо обычного оборудования, роботизированное оборудование высокого уровня автоматизации (JOS, MIRO,HOUEL, DE LAVAL, LELLI). На перспективу представляют большой практический интерес системы управления с разработкой систем блокировки при встрече скрепера с препятствиями и антипримерзающими устройствами.

Согласно целевой программе по молоку одним из методов повышения здоровья, продуктивности и срока использования коров предусмотрено развитие прифермерских пастбищ. Для этих целей предусматривается разработка отечественного автономного робота для пастьбы животных по типу Вояджера фирмы Lely.

УДК 371:621.3-52

ЭЛЕКТРОРОБОТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА – ОСНОВНОЙ ПУТЬ МОДЕРНИЗАЦИИ АПК ДО 2020 года

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

Представлен российский путь модернизации АПК, основанный на электрификации животноводства и кормопроизводства с роботизацией основных технологических процессов и транспортных операций и применением интеллектуальных систем автоматизированного управления производством продовольствия «органик» от поля до магазина.

Ключевые слова: *автоматизированное управление; электророботизированное производство; продовольствие «органик».*

In the article will presented Russian way to modernizations of the agriculture, founded on electrifications stock-breeding and production provender with robotization of the main technological processes and transportation and using the intellectual systems of automatic management production provisions "organic" from field before shop.

Keywords*: automated management; the electric and robotized production; provisions "organic".*

«От поля до магазина» – рассматриваемая цепь электророботизации производства. Выпадение хотя бы одного звена из этой цепи не даст возможность решить задачу, которую поставили министр сельского хозяйства Е.Б. Скрынник и президент Россельхозакадемии Г.А. Романенко перед институтами ВИЭСХ, ВИМ, ВНИИМЖ, СЗ НИИМЭСХ, СК НИИМЭСХ в задании 09.03.06: «***Разработать методы компьютерного проектирования и инновационные проекты роботизированных предприятий-автоматов в молочном животноводстве, свиноводстве, птицеводстве и кормопроизводстве***» плана фундаментальных и приоритетных прикладных исследований на 2011–2015 гг.

Задание посвящено разработке новых роботизированных технологий, роботов, автоматизированных машин, интеллектуальных АСУ и АСУП, лабораторий оценки качества и экологии сельхозпродукции и продовольствия, переносных проборов и систем оперативного управления производством в молочном животноводстве, свиноводстве, птицеводстве и кормопроизводстве, которые могут быть «звеньями-модулями» роботизированных предприятий-автоматов.

Освещаются инновационные проекты (ИП) построения интеллектуальных электророботизированных производств продовольствия «органик» (ЭРППО). Основное внимание уделено применению в ИП электрифицированных железных дорог при передвижении грузов; сборке звеньев- модулей технологических линий, зданий и сооружений; при передвижении ферм по культурным пастбищам; организации и ведении земледелия для кормопроизводства; перегруппировке и кормлении животных и птицы, переработке, оценке качества и реализации продовольствия «органик». Обоснованы подходы к компьютерному проектированию роботизированных устройств, технологий и предприятий-автоматов в животноводстве и растениеводстве.

Российский путь развития ЭРППО. Россия не может слепо копировать западный опыт развития сельскохозяйственного производства и АПК. Слепое копирование методов и лучших западных технологий приводит к дальнейшему разорению деревень, концентрации производств вокруг городов и крупных районных поселков, к ликвидации российского опыта и российских технологий производства отечественного продовольствия.

СМИ бьют тревогу – выживет ли деревня? Экономист Н. Кричевский [1] пишет, что за период 2002–2010 гг. ***Россия теряла по 2 населенных пункта в день!*** В итоге обезлюдели 150 тыс. сел и деревень. Строительство дорог, газификация и воссоздание социальной инфраструктуры – вот те лекарства, которые помогут реанимировать российскую глубинку, считает автор. Действительно помогут, но не реанимируют. Не будет инновационного и высокоэффективного производства, привлекающего молодежь. Не будет и новых деревень.

Россия огромная страна, бескрайняя территория, суровый климат, отсутствие дорог,

низкая плотность населения, перманентная перестройка общественных укладов, раскулачивание и репрессии крестьян в прошлом, игнорирование достижений отечественной сельскохозяйственной науки, административное навязывание способов ведения сельского хозяйства привели к разорению российского сельского хозяйств и запустению деревень.

Как освоить пустующие земельные массивы и возродить российские деревни? Есть только один путь - принять государственный инновационный проект **«СХ 2020 ЭРППО» интеллектуализации, электрификации и роботизации производства продовольствия «органик»**. Этим проектом должно быть предусмотрено:

- создание на целинных и неиспользуемых пахотных землях, с предварительно подведенными к ним ответвлениями от магистральных электрифицированных железных дорог, инновационного производства ЭРППО;

- в НИИ, вузах и общеобразовательных школах проведение подготовки высокообразованных молодых специалистов в возрасте 18–28 лет, принимаемых на конкурсной основе (сначала вахтовым методом) в создаваемые ЭРППО;

- в перспективе рядом с ЭРППО создание рабочих поселков со школами, детскими садами, поликлиниками и спортивными сооружениями.

Так появятся новые российские деревни с инновационным, высокоэффективным сельскохозяйственным производством, с молодежными коллективами и семьями. В организационной структуре новая деревня с производством - это ЗАО, которое будет рассчитываться за кредиты с банками создаваемым и реализуемым на рынках продовольствием «органик».

Научно-технической разработкой новых технологий, проектированием сельхозпроизводств и рабочих поселков, строительством и сервисным обслуживанием ЭРППО должна заниматься вновь созданная государственная корпорация ОАО «АПК ЭРППО» с долевым участием Россельхозакадемии, по масштабам соизмеримая с Газпромом или РАО ЕС России и обладающая полным циклом производства технологий ЭРППО от инноваций до сдачи объектов «под ключ».

Так на новой научно-технической основе можно модернизировать российское сельскохозяйственное производство и создать деревни нового городского типа. В 2011–2015 гг. следует разработать новые электрифицированные и роботизированные технологии производства продовольствия «органик» и создать два действующих экспериментальных ЭРППО в Московской и Ленинградской областях. В 2016–2020 гг. осуществить массовое создание и внедрение ЭРППО по всей стране.

Условия, которые необходимо учитывать при развитии ЭРППО:

1) широкую зональность климата, переменные погодно-климатические условия, продолжительный зимний период, генетически сформировавшуюся сезонность развития животноводства и растениеводства;

2) большие территории целинных и запущенных пахотных земель, лугов и пастбищ;

3) отток сельского населения в города, разорение и ликвидацию мелких сел и деревень, крайне неблагоприятную для села демографию;

4) моральный и физический износ производственных фондов в промышленном животноводстве, что препятствует конкурентоспособности отрасли. Снижается качество продукции, увеличивается падеж животных, падает эффективность производства. В 2008–2009 гг. падеж молодняка свиней составил 11,7-12,4% к обороту стада. Выпущено молока высшим сортом только 37–38%. В свиноводстве реализовано свиней первой категории упитанности 17%, второй – 61%. третьей – 12%. Большие территории вокруг ферм и птицефабрик загрязнены навозом и птичьим пометом, а реки - навозными стоками. Инновации в животноводстве редкость. Продукция животноводства по качеству ниже зарубежной;

5) широкий поток поступления продукции животноводства и растениеводства из западных стран. Качество этой продукции низкое, так как нет серьезного противодействия этой интервенции со стороны отечественного производителя. Отсутствие поставок продовольствия не содержащего химических биостимуляторов и добавок, не использующего техногенных продуктов животноводства, растениеводства и пестицидов;

6) практически разрозненное развитие животноводства, птицеводства и кормопроизводства. Отсутствие культурных пастбищ.

Исторические предпосылки и заделы электрификации и роботизации АПК. «ГО-

ЭЛРО» – первый перспективный план электрификации России, разработанный в 1920 г. под руководством В.И. Ленина, рассчитанный на 10–15 лет, предусматривающий коренную реконструкцию народного хозяйства на базе электрификации. Выполнен в 1931 г. План посвящен развитию электростанций, электрификации промышленности и быта. В этот период проводилась разработка электроплуга, приводимого в действие от лебедки. Вспахано 12 тыс. га [2].

В дальнейшем по плану электрификации сельского хозяйства в 1949–1950 гг. под руководством академика ВАСХНИЛ П.Н. Листова в Запорожье научными работниками ВИЭСХ были созданы электротракторы, электрифицированные машинотракторные станции (ЭМТС), которые позволили вспахать более 1000 га земли. Однако широкого применения это направление электрификации не получило.

В 1954–1960 гг. осуществлено освоение целины в Казахской ССР, Сибири, Урале, Поволжье, при котором было распахано более 40 млн га земли. Мероприятие проводилось по политическому призыву КПСС и Правительства СССР молодежью страны, большая часть которой впоследствии осталась на освоенных землях на постоянное жительство, создав молодые семьи. Было создано механизированное производство зерна и товарное производство животноводческой продукции.

В 1960–1980 гг. принята и выполнена программа индустриализации животноводства. По договору МСХ СССР с итальянской фирмой Джи-и-Джи построено более сотни крупных промышленных животноводческих ферм, свиноводческих комплексов, птицефабрик, предприятий по кормопроизводству и переработке животноводческой продукции, к которым автор приложил свои знания и опыт [3, 4].

Индустриальное промышленное животноводство основано на принципах концентрации в одном объекте большого поголовья животных, птицы и автоматизации технологических процессов при возведении объектов рядом с крупными городами и районными центрами. Индустриализация сельскохозяйственного производства привела к разорению мелкого товарного производителя, к оттоку сельского населения в города, к безработице, к экологическому загрязнению территорий, озер и рек, к выпуску сельскохозяйственной продукции, напичканной антибиотиками, пестицидами, стимуляторами и другими химическими веществами. Животные на индустриальных предприятиях быстро «выходят из строя», так как стоят в грязных и мокрых бетонных помещениях и на тесных занавоженных выгулах. Преждевременная выбраковка животных проводится из-за болезней конечностей, маститов, яловости, стрессов, гипотонии. На фермах трудные, непрестижные для молодежи условия работы. Многие фермы разоряются, а на действующих фермах ощущается нехватка специалистов и обслуживающего персонала. Пастухи – редкость. Вокруг ферм и птицефабрик наблюдается экологическая загазованность и загрязненность воздуха и почвы. Фермы и комплексы производят продукцию ниже мирового уровня качества и лишь частично обеспечивают продовольственный рынок страны. Но из-за нехватки продовольствия современные фермы и комплексы еще длительное время будут эксплуатироваться. На смену им из-за рубежа ожидается приток еще более индустриальных решений. Англичане предлагают создавать высотные (небоскребы) животноводческие фермы, теплицы и цеха переработки сельхозпродукции [4]. В ближайшее время они могут появиться как «новинки-шедевры» на нашем рынке, и можно себе представить, как они будут выглядеть на наших российских просторах. Поэтому у России должен быть свой путь развития сельского хозяйства, основанный на электрификации, автоматизации, информатизации и нанотехнологиях в производстве.

Настало время принять инновационный проект «СХ2015ЭРППО», основанный на мировых научных достижениях в области интернет-технологий, нанобиотехногий и роботизации производства. Этот проект предполагает разработку принципиально новых технологий производства продовольствия «органик» и возведение в 2011–2015 гг. на неиспользуемых пахотных землях (А) агросистем и (Р) роботизированных (П) предприятий производства (П) продовольствия (О) «органик». Для эксплуатации автоматизированных предприятий планируется привлечь на конкурсной основе вахтовым методом и впоследствии с устройством на постоянное жительство молодых специалистов среднего, высшего образования и ученых-предпринимателей и создавать акционерные общества по производству продовольствия «органик». В этих условиях

перспективны акционерные коллективные хозяйства с электрифицированным и роботизированным производством и переработкой продукции в продовольствие «органик».

Назрела необходимость обновления сельскохозяйственного производства к 2020 г. и структурной перестройка сельской экономики. Фермерские хозяйства с ручным производством слабо приживаются, часто разоряются и непрестижны для современной молодежи. Поэтому важно создавать престижные роботизированные и автоматизированные рабочие места, на которых могли бы работать молодые специалисты с высокой квалификацией и с высокой оплатой труда. Это позволило бы закрепить их в сельском хозяйстве. Известно, что одно рабочее место на селе обеспечивает пять рабочих мест в городе. Создание рабочих мест на селе является государственной, всероссийской задачей, так как сельское хозяйство является главным звеном в укреплении государственной и продовольственной безопасности России.

В первые пять лет предусматривается проведение комплекса научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, проектирования, строительства, наладки, эксплуатации, подготовки кадров и коммерциализации продукции при финансировании разработок из федерального бюджета, территориальных бюджетов и частных инвесторов. Программой предусматрена разработка конструкторской документации и изготовление новой роботизированной техники, выполнение проектной документации объектов, изготовление и закупка оборудования, сборка и наладка объектов, создание и пуск в эксплуатацию «под ключ» двух пилотных объектов. К 2020 г. должно быть организовано широкое внедрение роботизированных агросистем в регионах России.

Задачи инновационного проекта ЭРППО:

1) Разработать крупный государственный инвестиционный проект «СХ2015 ЭРППО», являющийся аналогом планов ГОЭЛРО 1920 г., освоения целины 1954 г., индустриализации животноводства 1970 г. и направленный на обеспечение продовольственной, социальной, территориальной, экологической безопасность России.

2) Создать высокооплачиваемые рабочие места и социальные условия жизни для молодых (в возрасте 18–28 лет) ученых-предпринимателей, инженеров, зоотехников, ветеринаров, менеджеров, выпускников сельских школ, владеющих компьютерной техникой, информационными и сельскохозяйственными прорывными технологиями.

3) Организовать в ГНУ ВИЭСХ Россельхзакадемии постоянно действующую научную школу подготовки ученых-предпринимателей, в МГАУ им. В.П. Горячкина факультет подготовки инженеров-робототехников в животноводстве и растениеводстве, в РГАУ-ТСХА им. К.А. Тимирязева факультет подготовки зооинженеров и в школах регионов, расположенных близко к местам размещения пилотных объектов, обучить школьников интернет-управлению сельскохозяйственным производством. В последующем привлечь их к работе на вновь созданных роботизированных сельскохозяйственных объектах.

4) За 1,5–2 года создать и освоить серийное производство новых отечественных ***электрифицированных и роботизированных технологий*** производства зерна, кормов, молока, мяса говядины и свинины, яиц и мяса птицы и продукции их переработки в продовольствие «органик» с интеллектуальной централизованной системой интернет-управления производством. Созданные устройства, технологии, системы управления должны иметь защиту интеллектуальной собственности в России и других странах.

5) Разработать, освоить производство и коммерциализацию в нашей стране и за рубежом:

- комплекс новых видов роботов раздачи кормов, очистки и дезинфекции помещений, обработки почвы и посева сельскохозяйственных культур, перемещения ферм по культурным пастбищам синхронно с ограждающими территории электроизгородями, управления животными и птицей по рефлексам;

- комплекс электронных приборов контроля качества и сертификации продовольствия по показателям «органик» и электронных приборов мониторинга физиологического состояния животных и наноприборов диагностики сверхранних форм заболеваний и ветеринарных технологий профилактического лечения животных и птицы.

6) Разработать естественно-биологическую зооветеринарную технологию разведения и содержания высокопродуктивных пород животных и птицы с выпасом на культурных пастбищах и естественным осеменением и собствен-

ным расширенным воспроизводством для центральных и южно-сибирских и дальневосточных зон России. Предусмотреть летнее и зимнее содержание животных и птицы на передвижных фермах с роботизированными технологиями, интернет-управлением производством и переработкой сельскохозяйственной продукции в продовольствие.

7) Разработать проектную документацию на возведение рабочих поселков с пунктами социального обеспечения рабочих, служащих, менеджеров и их детей необходимым комплексом социальных услуг. Предусмотреть проектирование и возведение цехов кормопроизводства и переработки сельхозпродукции в продовольствие и сеть магазинов оптовой и розничной торговли продовольствием «органик».

8) Создать и ввести в эксплуатацию в Центральном регионе России пилотный комплекс с объектами социального обслуживания рабочих, служащих и менеджеров, работающих вахтовым методом, и действующий производственный специализированный комплекс, предназначенный для выпуска, переработки и коммерциализации заданной номенклатуры продовольствия «органик».

9) Раз и навсегда решить вопрос с дорогами, перейдя на электрифицированные железные дороги во всех сферах сельскохозяйственного производства.

Системное единство электрифицированного и роботизированного земледелия и животноводства. Земледелие и животноводство в XVII–XIX вв. были тесно связаны в единой агросистеме. Однако в период индустриализации и интенсификации сельского хозяйства в 1960–2010 гг. эта связь была нарушена. Строились крупные птицефабрики и животноводческие комплексы в отрыве от кормовой базы. Отдельно создавались комбикормовые заводы, молочные заводы, мясокомбинаты, цеха забоя и разделки птицы и изготовления яичного порошка. В редких случаях птицефабрики и свинокомплексы объединялись с цехами и предприятиями переработки продукции. Например, Лузинский свинокомплекс Омской обл. выпускает мясное продовольствие, молочный завод в г. Россошь Воронежской обл. объединен с двумя молочными фермами и поставляет продовольствие в магазины г. Воронежа. Но кормовая база всегда была раздельной.

Для устойчивого развития агросистем (или агрофирм) необходимо, чтобы в одном предприятии было собственное земледелие и кормопроизводство, энергетика, животноводство, переработка продукции в продовольствие и коммерциализация. Иначе, как показали 1990–2011 гг., производство продукции животноводства становится нерентабельным и вытесняется с рынков зарубежным продовольствием. Чтобы выдержать конкуренцию зарубежным продовольствием, отечественное должно быть более качественным и дешевым. Для этого необходимо выполнить следующие условия:

1) разработать и коммерциализировать в нашей стране и за рубежом силами российских ученых принципиально новые инновационные роботизированные технологии мирового уровня для производства экологически чистой, высококачественной продукции АПК «органик» в крупных фермерских и средних коллективных хозяйствах от 1000 до 5000 га пахотной земли и культурных пастбищ;

2) освоить целинные и запущенные пахотные земли, возвести молодежные поселки городского типа для организации производства продовольствия «органик», вытеснения с российских рынков некачественного зарубежного продовольствия и погашения кредитов;

3) подготовить кадры:

- ученых-предпринимателей в молодежной научной школе ВИЭСХ, через аспирантуры вузов и Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере, финансируемый Минобрнауки;

- инженеров-менеджеров в МГАУ им. В.П. Горячкина и АЧГАА по разработке и эксплуатации высоких роботизированных технологий. Организовать факультеты роботизированных агротехнологий и компьютеризации управления производством;

- техников из школ регионов, в которых будут строиться роботизированные технологии и агропоселки. Организовать факультативные курсы подготовки на конкурсной основе специалистов среднего образования по эксплуатации роботизированных ферм и предприятий-автоматов;

4) модернизировать сельскохозяйственное производство с использованием российских роботизированных высоких технологий для обеспечения продовольственной безопасности страны;

5) вывести науку РАСХН и вузов в области высоких агротехнологий АПК на мировой уровень;

6) организовать производство, оснащение АПК России и экспортирование за рубеж роботизированных российских высоких технологий.

Основной замысел и новизна решений в сравнении с мировыми достижениями:

1. Вывести сельскохозяйственную науку Россельхозакадемии на мировой уровень XXI в. и направить исследования и решение на главную задачу современности – повышение плодородия почвы, использование целинных и запущенных пахотных земель и производство высококачественного продовольствия «органик».

2. Используя достижения науки и техники XXI в., создать производство продукции «органик» с высокой производительностью труда и научно-технического и зооветеринарного персонала, престижного и высокооплачиваемого для молодых ученых, специалистов в области биологии, электрификации, робототехники, информационных технологий и нанотехнологий.

3. Создать условия для естественно-климатического содержания животных и птицы, используя достижения биологии, агроинженерии, экономики.

4. Подготовить научные кадры ученых-предпринимателей, разработчиков новой техники, менеджеров, специалистов по эксплуатации новой техники.

5. Уложиться в короткие сроки разработки и производства новой техники, чтобы сохранить преимущества и приоритет России в ее разработке и производстве и занять ведущие позиции на мировых рынках.

6. Разработка строительной части модульных ферм должна производиться на специализированных заводах, например, вагоностроительных. Доставка по железной дороге и сборка модулей на месте с применение кранов заводскими специализированными бригадами монтажников.

7. Каждый модуль фермы должен быть со встроенными машинами, оборудованием, роботами и приборами, т.е. полностью готовым к эксплуатации.

8. Животные и птица должны комплектоваться под контролем специализированной зооветеринарной службы и ученых ведущих биологических институтов России. Все животные должны быть отечественными, адаптированными к погодно-климатическим условиям зоны, где возводится роботизированная агросистема. Животных и птиц надо доставлять железнодорожным транспортом, вагон с животными должен стыковаться с фермой, чтобы животные переходили прямо на место своего содержания.

Литература

1. *Кричевский Н.* // Аргументы и факты. 2011. № 22. С. 11.
2. *Стеценко В.Г.* Электрификация мобильных процессов полеводства // Научные труды по электрификации сельского хозяйства. М.: ВИЭСХ, 1967. – Т. XX. С. 261-301.
3. *Крауп 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.
4. *Крауп В.Р.* Стратегия автоматизации и информатизации управления сельскохозяйственным производством. Теория. Интернет- и нанотехнологии. Практика. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2008. – 396 с.

УДК 631.371

ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ СЕЛЬСКИХ ОБЪЕКТОВ

Канд. техн. наук А.В. Тихомиров, асп. В.Ю. Уханова, асп. Е.Н. Николаева
(ГНУ ВИЭСХ)

Обосновывается необходимость проведения оценки энергетической и экономической эффективности выбора систем энергообеспечения сельских объектов, дается характеристика критериев оценки и их использования на разных стадиях разработки и реализации систем.

Ключевые слова: *энергообеспечение сельских объектов; энергетическая база; централизованные системы электроснабжения; автономные системы электроснабжения.*

In the article motivated need of the undertaking the estimation energy and cost-performance of the choice of the systems provision energy rural object, is given feature standard of judgment and their use on different stages of the development and realization of the systems.

Keywords*: provision energy rural object; the energy base; the site systems of supply; the isolated systems of supply.*

Повышение эффективности энергоснабжения сельскохозяйственного производства, снижение затрат на электро- и энергоснабжение сельских объектов предопределяет совершенствование и модернизацию энергетической базы, выбор оптимальной системы энергообеспечения.

Затраты на энергоресурсы составляют значительную долю в себестоимости сельскохозяйственной продукции. Снижение энергетической составляющей затрат в сельхозпроизводстве может обеспечиваться как за счет снижения энергоемкости самого производства, так и снижением затрат на получение или покупку энергии.

Вопрос выбора рациональной системы или источника энергоснабжения важен и для жилищно-коммунального сектора на селе, поскольку недорогое, надежное и качественное энергоснабжение является важнейшей составляющей уровня жизни сельского населения. Подавляющее число сельских потребителей подключено к системе электроснабжения, действующей на данной территории. Эта система традиционна, во многом отработана и является в России основной системой, обеспечивающей электроснабжение сельских районов.

Однако она решает вопросы в основном электроснабжения сельских потребителей и только частично энергообеспечение некоторых тепловых процессов в сельхозпроизводстве. Кроме того, для ряда отдаленных регионов с рассредоточенными потребителями используются автономные системы энергоснабжения в основном на базе дизельных электростанций, что с учетом трудностей и дороговизны завоза топлива значительно увеличивает затраты на энергоснабжение.

В 1990-е годы, да и в начале 2000-х по ряду причин некоторые потребители были отключены от централизованного энергоснабжения (из-за аварийного состояния сетей, разукомплектования линий, неуплаты за электроэнергию, сокращения числа потребителей, отсутствия производства и др.), многие из которых требуют восстановления или обеспечения энергоснабжения с выбором оптимального варианта.

В последние годы в ряде регионов сооружаются новые объекты (в том числе и при реализации национальных проектов развития сельхозпроизводства), которые не всегда располагаются в зоне действия централизованной системы электроснабжения и для которых при их значительных нагрузках выбор оптимального варианта энергообеспечения является очень важным. Известно, что тарифы на электро- и теплоснабжение возросли в несколько раз и продолжают увеличиваться, а подключение к централизованным системам (сетям) требует еще и значительных вложений средств, поэтому вопрос обоснования выбора и реализации наиболее эффективной системы энергоснабжения приобретает особую значимость.

В связи с развитием в последнее время техники для малой энергетики, появлением современных типов малых электростанций, электроустановок на базе различных энергоресурсов, включая газ, местные топливно-энергетические ресурсы, отходы сельхозпроизводства и возобновляемые источники энергии, необходимо оценить эффективность применения различных автономных систем электроснабжения в сравнении друг с другом и централизованными системами. Все это заставляет потенциального потребителя

искать альтернативные варианты удовлетворения своих энергетических потребностей и прежде всего обращаться к рассмотрению возможностей реализации автономных, децентрализованных систем энергоснабжения на базе использования имеющихся в наличии энергоресурсов.

Рассматривая и анализируя различные способы удовлетворения своих потребностей в электроэнергии (централизованно или на базе сооружения возможных вариантов автономной системы энергосбережения), потенциальный потребитель естественно решает вопрос о выборе наилучшего по эффективности и затратам варианта из возможных альтернатив. Выбор лучшего варианта должен быть экономически обоснован с использованием методики, базирующейся на экономических и энергетических критериях. В условиях рыночной экономики при решении любой хозяйственной задачи, в том числе и задачи выбора потребителем оптимальной системы электроснабжения, основным критерием выбора будет экономическая эффективность, выраженная через систему стоимостных показателей, широко используемых для оценки экономической эффективности инновационных проектов.

Реализация той или иной системы энергоснабжения по своей сути – это инвестиционный проект, требующий для осуществления определенных капвложений. При реализации системы централизованного электроснабжения инвестиции направляются на мероприятия по подключению к централизованной энергосистеме с целью последующей покупки электроэнергии у энергоснабжающей организации (поставщика). В случае же реализации той или иной системы автономного электроснабжения инвестиции направляются на мероприятия по сооружению автономных электрогенерирующих установок, производящих электроэнергию, а в ряде случаев и тепло, с целью электро- и энергосбережения конкретных сельских потребителей (объектов).

Оценка эффективности и выбор наилучшего варианта определяется себестоимостью производства единицы энергии на автономных установках или величиной тарифа при централизованной системе энергоснабжения. При выборе экономически эффективного варианта электроснабжения используется та же система показателей, что и для оценки экономической эффективности инвестиционных проектов. При оценке альтернативных вариантов энергоснабжения в отечественной и зарубежной практике используются следующие показатели экономической эффективности:

- себестоимость производимой энергии;
- приведенные затраты на реализацию системы;
- единовременные капиталовложения;
- срок окупаемости;
- прибыль (норма прибыли).

Однако при оценке систем энергоснабжения (особенно на стадии их разработки) одних экономических критериев недостаточно, так как стоимостные показатели подвержены изменению, что может повлечь за собой изменение экономических критериев и количественных показателей. Наряду с экономическими показателями следует использовать энергетические критерии, к которым следует отнести:

- энергоемкость производства;
- долю энергозатрат в себестоимости производства сельхозпродукции;
- степень замещения традиционных (закупаемых) энергоносителей в энергобалансе предприятия (района) на местные и возобновляемые энергоресурсы.

При оценке эффективности той или иной системы энергообеспечения может быть использован какой-то один или несколько показателей (критериев). Это определяется тем, на какой стадии решения задачи необходимо провести оценку.

На стадии разработки систем энергоснабжения в большей степени этим задачам отвечает такой критерий, как приведенные затраты (З), определяемые по известному выражению:

$$З = С + Е_н \cdot К,$$

где С – себестоимость производимой энергии или тариф на покупаемую энергию; К – вложенные средства в реализацию системы энергоснабжения; $Е_н$ – коэффициент эффективности вложенных средств (нормативный или устанавливаемый для конкретных условий).

Важным показателем эффективности на этой стадии, а также для потребителя является себестоимость производимой энергии в сравнении с действующими или прогнозируемыми тарифами энергии централизованного энергоснабжения. Для инвесторов важным показателем при оценке системы энергоснабжения является также величина капитальных затрат на реализацию проекта.

Для сельского потребителя, который оплачивает покупную энергию или производимую у себя при автономной системе энергоснабжения, важными экономическими показателями

являются срок окупаемости капиталовложений (Т) и возможная прибыль – экономия средств (П), т.е. разница между действующими тарифами на покупаемую энергию и себестоимостью ее производства при реализации той или иной автономной системы:

$$П = (Тариф – С)Э_{год},$$

где $Э_{год}$ – годовое потребление энергии. Срок окупаемости (Т) определяется как отношение величины капитальных вложений в реализацию системы к планируемой ежегодной экономии денежных затрат (П) на энергоснабжение объекта.

При выборе системы энергоснабжения для потребителя необходимо также проводить ее оценку по энергетическим показателям, а именно: как повлияет реализация системы на энергоемкость производимой сельскохозяйственной продукции, как изменится энергетическая составляющая в себестоимости продукции, а также, на сколько снизится зависимость от централизованных поставок энергоресурсов при внедрении автономной системы на собственных энергоресурсах, включая отходы.

Для снижения энергозатрат в технологических процессах сельхозпроизводства и издержек на энергообеспечение необходимо наряду с совершенствованием технологий выбирать для конкретных условий наиболее экономичные системы централизованного или автономного энергообеспечения с учетом внедрения энергосберегающих мероприятий, возможностей использования местных энергоресурсов, нетрадиционных источников, проведения эффективной энергосберегающей политики.

Исходя из анализа состояния систем и средств энергообеспечения сельскохозяйственных объектов, составляющих энергоемкости сельскохозяйственной продукции, новых перспективных разработок, важными задачами развития и модернизации энергетической базы АПК, совершенствования систем энергоснабжения, повышения энергетической эффективности, использования топливно-энергетических ресурсов в сельхозпроизводстве и социальной сфере села являются:

- совершенствование и модернизация, систем энергообеспечения применительно к конкретным сельскохозяйственным потребителям и объектам (в зависимости от месторасположения объектов, их энергетических потребностей, наличия местных и возобновляемых энергоресурсов);

- обоснование рациональных потребностей в энергоресурсах и оптимизация структуры топливно-энергетического баланса с широким использованием местных, и возобновляемых энергоресурсов в соответствии с ресурсами регионов, хозяйств;

- разработка и реализация децентрализованных (автономных) систем энергообеспечения и средств малой энергетики, снижающих зависимость от централизованного энергоснабжения посредствам самообеспечения энергией, на базе мини-ТЭС, использования газа, тепловых насосов, местных и возобновляемых энергоресурсов, отходов и преобразованных видов топлива;

- отработка и внедрение энергоэффективных технологий получения биотоплива посредством переработки биомассы, отходов сельхозпроизводства в качественное жидкое и газообразное топливо, получение электроэнергии и теплоты;

- реализация энергоэффективных способов и новых технологий преобразования с высоким КПД возобновляемых энергоресурсов в тепловую и электрическую энергию и ее использования для энергоснабжения сельских потребителей, замещая потребление значительной доли традиционных энергоресурсов;

- разработка и реализация новых способов получения композиционных видов смесевого жидкого топлива, обеспечивающих экономию основных компонентов до 30%.

Решение поставленных задач будет способствовать повышению стабилизации и устойчивости энергообеспечения села, сбалансированности регионов и предприятий по закупке, производству и использованию энергии, включая широкое использование местных и возобновляемых энергоресурсов, снижению зависимости от энергоснабжающих организаций и устанавливаемых ими возрастающих тарифов.

УДК 631.371:631.227

РАЗРАБОТКА НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ РАСХОДА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ПО ОБЪЕКТАМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Канд. техн. наук Е.К. Маркелова
(ГНУ ВИЭСХ)

Приведена методика разработки нормативных величин потребной мощности электрооборудования и формирования нормативов расхода электрической энергии на птицеводческих предприятиях.

***Ключевые слова**: электропотребление; норматив; норма расхода электрической энергии; сельскохозяйственное производство; птицеводство; технологические процессы в птицеводстве.*

In the article brought methodology of development of normative characteristics of the power consumption of electrical and formation of norms of consumption of electric energy for processes and poultry premises.

***Keywords:** power consumption; standard; the ratio of the norm of consumption of electric energy; agricultural production; poultry farming; technological processes in the poultry industry.*

Расход электрической энергии на сельскохозяйственных объектах зависит от многих показателей производства. Прежде всего, это вид производства, используемые технологии, тип технологического и электропотребляющего оборудования, виды ограждающих конструкций, их тепловые характеристики, требования микроклимата, климатические условия и многие другие факторы.

Ранее ВИЭСХом разрабатывались удельные показатели расхода электрической энергии, называемые нормами, для наиболее типичных объектов, содержащих животных, птицу.

Так как предприятия строились строго по типовым проектам, где предусматривался определенный набор помещений (производств), например на ферме 200 голов молочное стадо или птицефабрика на 200 тысяч кур несушек, то полный и удельный показатель расхода энергии определялись с учетом затрат на содержание всего шлейфа поголовья животных и птицы. Учет затрат энергии проводился, как правило, в целом по предприятию. Соответственно и нормы разрабатывались на весь комплекс работ по содержанию 1 головы животного или птицы с учетом затрат на все электрифицированные на сопутствующие производства и помещения, включенные в проект и реально существующие.

В настоящее время с введением повсеместного учета и контроля за расходом электрической и тепловой энергии, обобщенный показатель удельного расхода энергии в целом по хозяйству (норма), невозможно использовать при анализе затрат в отдельных структурных подразделениях. Показатели расхода энергии должны быть дифференцированы по используемым технологиям содержания животных, птицы, по типу используемого оборудования, по процессам и другим показателям, влияющим на расход энергии. Кроме того, учет и контроль необходимы в настоящее время по помещению, по группе однотипных помещений, цеху, ферме и по хозяйству в целом. Единицей измерения в каждом цехе должен быть свой показатель – кВт·ч на одну голову КРС, одну птицу, одного цыпленка или теленка, а при оценке энергоемкости – кВт·ч на тонну молока или тонну мяса и т.д. Кроме этого, необходимо определять и единый показатель по производственному предприятию, объединению. Все эти задачи требуют разработки «единичных норм» – нормативов и методики формирования норм (из нормативов по каждому рассматриваемому уровню хозяйственной структуры ферма, цех, хозяйство), а также средневзвешенный показатель по району, области, стране.

Порядок формирования нормативов по процессам, объектам можно проследить на примере птицеводческого предприятия. Основными потребителями электроэнергии на птицеводческих предприятиях являются помещения с птицей, где расходуется примерно 75-80% от общего потребления энергии предприятием. Более 90% электроэнергии в помещениях с птицей идет на два процесса – освещение и вентиляцию. На привод транспортирующих устройств, раздачу корма, уборку помета, яйцесбор приходится 5-8%.

Затраты электроэнергии на вентиляцию. Для поддержания нормативных показателей газового состава воздуха, так как биообъектами выделяется большое количество CO_2, NH_3,

теплоты, необходима вентиляция помещений. В настоящее время используются различные схемы организации воздухообмена – «свободный приток – принудительная вытяжка», «свободная вытяжка – принудительная подача» и т.д. Каждая схема вентиляции будет обеспечивать подачу и удаление требуемого количества воздуха согласно энергетической характеристике используемой вентиляционной установки **Вт** и производительности вентиляторов **м^3/час**, т.е **Вт/м^3 в час**. Количество воздуха подаваемого на одну голову птицы, определяется исходя из условий обеспечения требуемых параметров CO_2, NH_3 или избытков теплоты, **м^3/голова·час**.

Согласно нормам технологического проектирования объемы вентиляционного воздуха будут различными с изменением возраста птицы и изменением климатических условий в течение года. Нормативные характеристики затрат мощности вентиляционных установок на обеспечения воздухообмена, **Вт/гол.,** определяются как произведение энергетической характеристики вентиляционной установки, участвующей в работе, **Вт/м^3** на соответствующий требуемый объем воздуха **м^3/голова·час**.

В табл. 2 приведены нормативы затрат мощности на обеспечение воздухообмена для птиц яичных пород, Вт/гол. для разных возрастных групп птицы во всем диапазоне годовых наружных температур. Принята схема организации воздухообмена – приточный воздух подается через воздуховод центробежным вентилятором, вытяжка осуществляется осевыми вентиляторами из нижней части здания. Так для взрослой птицы для обеспечения нормативного воздухообмена требуется 0,7 Вт на голову в час в зимний период, когда работает и вытяжка и приток. При положительных температурах наружного воздуха (выше 0,1^{0}С) необходимые затраты составят 0,1 Вт/гол.·час. Подобная схема в настоящее время редко находит применение из-за больших энергозатрат, поэтому центробежные вентиляторы, как наиболее энергозатратные, заменяются, особенно в помещениях со взрослой птицей. Кроме указанной схемы в табл. 1Б приведены расчетные показатели затрат мощности для схем с использованием туннельных вентиляторов и «крышных + осевых» вентиляторов. Для этих схем в зимний период, как показали расчеты, для обеспечения воздухообмена требуются много меньшие затраты мощности.

Так, в зимний период затраты на одну голову взрослой птицы составят 0,7 Вт/гол. (табл. 1А) (с центральным воздуховодом), для других схем соответственно 0,15-0,2 Вт/гол. Если принять продолжительность температур ниже 0^{0}С – более 3000 часов расход электроэнергии на одну голову для зимнего периода, в первом варианте составит 2,1 во втором 0,45-0,6 кВт·ч/голову. В летний период объемы вентиляционного воздуха зависят также от солнечной радиации через ограждающие конструкции. Их доля на одну голову птицы будет зависеть от поголовья, находящегося в помещении, в связи с этим вводится коэффициент $K_в$.

Таблица 1

Нормативы суммарной мощности вентиляционных установок для обеспечения воздухообмена в помещениях с птицей яичных пород (Вт/гол.)

А. Схема вентиляции: приток: зима – через воздуховод; лето - через шахты; вытяжка осевыми вентиляторами из нижней части здания

Температура наружного воздуха, °С	Возраст птицы				
	цыплята			молодки	Взрослая птица
	1-10 сут.	11-20 сут.	21-45 сут.	46-120 сут.	
Ниже 5°С	0,05	0,25	0,25	0,6	0,7
5,1-10, °С	0,05	0,25	0,07	0,1	0,1
10,1-15, °С	0,05	0,05	0,09	0,12	0,15
15,1-20, °С	0,02	0,07	0,12	0,2	0,25
20,1-25, °С	0,05	0,1	0,3	0,4	0,5
Более 25,1 °С	0,07	0,2	0,5	0,7	0,8

Б. Норматив суммарной мощности вентиляционных установок при использовании разных систем и оборудования для вентиляции (Вт/гол.)

Температура наружного воздуха, °С	Система обеспечения воздухообмена			
	Туннельные вентиляторы		Крышные + осевые вентиляторы	
	молодки	взрослые	молодки	взрослые
Ниже 5, °С	0,1	0,2	0,1	0,15
5,1-10, °С	0,18	0,25	0,12	0,18
10,1-15, °С	0,2	0,3	0,2	0,25
15,1-20, °С	0,3	0,4	0,4	0,4
20,1-25, °С	0,6	0,6	0,7	0,8
Более 25,1, °С	1,0	1,2	1,4	1,5

Норматив расхода электрической энергии на процесс вентиляции за период времени T*ni* можно определить по формуле:

$$\omega_в = K_m \sum_{j=0}^{j=\tau_n} \sum_{i=min}^{i=max} (P_{bi} \cdot \tau_{ji}) K_в, \quad (1)$$

где K_m - коэффициент, учитывающий показатель плотности посадки; P_{bi} - нормативы мощности вентиляционных установок для различных температур, Вт/гол.; τ_{ji} - продолжительность температур в J диапазоне времени, ч; τ_n - продолжительность расчетного периода, ч; K_B - коэффициент, учитывающий условия климатических зон.

Продифференцировав нормативные характеристики затрат мощности по продолжительности стояния температур наружного воздуха, можно получить значения удельных затрат энергии (норматив расхода электроэнергии) на процесс вентиляции, для каждого вида, возраста птицы на требуемый период (месяц, квартал, год).

Затраты электроэнергии на освещение. В птицеводстве в безоконных птичниках необходимо создавать требуемую освещенность и продолжительность светового дня в зависимости от возраста птицы. Мощность осветительных приборов в помещении с птицей зависит от площади освещаемой поверхности, от типа осветительных приборов, от вида источников света и их светоотдачи на 1 Вт мощности лампы, от требуемой освещенности, согласно виду и возрасту птицы. В помещениях с равной площадью и мощностью осветительных приборов можно разместить разное количество птицы. Следовательно, удельный показатель расхода электроэнергии на процесс освещения будет зависеть, кроме указанных факторов, и от технологии содержания птицы, т.е. какое количество птицы будет размещено в птичнике, какое оборудование используется для содержания птицы – напольное, 1-2-ярусные клетки или многоярусные (4-5 и более) клеточные батареи. Основное оборудование для освещения это люминесцентные лампы. Используются как традиционные, так и компактные люминесцентные лампы, попрежнему применяются лампы накаливания, но уже получают распространение светодиодные источники света. Все они имеют разные соотношения светоотдачи и потребляемой мощности. Следовательно, необходима систематизация всех характеристик и разработка нормативов по затратам мощности на обеспечение нормируемой освещенности для различных технологий содержания птицы.

В нашем случае для характеристики технологий был принят термин плотности посадки птицы, определяемый как отношение поголовья птицы к площади птичника. Нормативные характеристики затрат мощности осветительных приборов на 1 голову птицы разработаны для нормируемой освещенности, согласно (ОНТП) используемого светотехнического оборудования, плотности посадки птицы. Данные расчета приведены в табл. 2.

Таблица 2

Удельная мощность осветительных приборов в помещениях с несушками для обеспечения требуемой освещенности при заданной плотности посадки птицы (Вт/гол.)

А. При использовании ламп накаливания

Плотность посадки σ, гол./м^2	Нормируемая освещенность, лк				
	5-10	15	20	30	50
До 4	0,9	2,5	4,5	5,5	8,8
4 - 8	0,4	0,75	1,2	1,5	2,4
8 - 16	0,25	0,5	0,7	0,85	1,4
16 - 20	0,17	0,35	0,5	0,65	0,85
20 - 26	0,15	0,3	0,45	0,6	0,8
26– 32	0,12	0,23	0,35	0,45	0,58

Б. При использовании других источников света

Плотность посадки, σ, гол./ м^2	Компактные лампы, лк					Люминесцентные лампы, лк
	5-10	15	20	30	50	75
До 4	0,13	0,36	0,64	0,79	1,26	3,5
4-8	0,06	0,11	0,17	0,21	0,35	0,9
8-16	0,04	0,08	0,11	0,13	0,21	0,63
16-20	0,03	0,06	0,09	0,11	0,17	0,45
20-26	0,028	0,055	0,08	0,105	0,15	0,4
26-32	0,023	0,043	0,07	0,08	0,11	0,3

Норматив расхода электроэнергии на процесс освещения определяется по формуле:

$$\omega_{oc} = P_{oci} \cdot (\sigma_i \cdot E_i) \sum_0^{i-T_n} T\partial i \ , \qquad (2)$$

где $P_{oci} \cdot (\sigma \cdot E_i)$, Вт/гол. - мощность освещения, определяемая по нормативной характеристике мощности освещения как функция плотности размещения биообъектов σ_i (гол./м^2) и нормируемой освещенности E_i; $T_{\partial i}$ - продолжительность дня в зависимости от возраста птицы B_{ni}, ч; T_n - расчетный период (год, квартал, месяц).

Норматив расхода электрической энергии на **транспортирующие устройства** (раздача корма, уборка помета, яйцесбор) определяется по формуле:

$$\omega_{mpi} = \omega_{o.mp} + b \cdot \sigma_i \, , \qquad (3)$$

где ω_{0pi} - максимально возможный норматив расход электроэнергии (при напольном содержании) кВт·ч/гол.; b - коэффициент (кВт·ч/гол.), учитывающий изменение норматива электроэнергии от плотности размещения биообъектов; σ_i - фактическая плотность размещения биообъектов, гол./м^2.

Использование соответствующих нормативов по процессам, имеющим место на объекте, с учетом всех влияющих факторов позволяет рассчитать норматив для помещения, как сумма нормативов по процессам:

$$\omega_{пом} = \omega_{освi} + \omega_{вi} + \omega_{mpi} \, . \qquad (4)$$

Анализ технологий, оборудования, используемого в птицеводстве, показывает, что норматив расхода электроэнергии по помещениям с птицей может изменяться в очень широких пределах: от 2,7 кВт·ч/гол. в год при интенсивном клеточном содержании, где плотность посадки птицы более 25 гол./м^2, и используются компактные лампы, туннельные вентиляторы с регулируемой подачей воздуха, до 25,1 с использованием ламп накаливания, централизованной подачи воздуха через воздуховод и напольном содержании птицы, где плотность посадки не более 6 гол./м^2.

Использование дифференцированных нормативов по процессам позволит более правильно определять требуемые объемы электропотребления по объектам с учетом конкретных условий производства, а также контролировать и своевременно выявлять непроизводственные потери электроэнергии, вводить меры поощрения за ее экономию. Кроме того, при изменении профиля цехов, а также при открытии новых производств, можно заранее определить количество требуемой электроэнергии.

УДК 631.371:621.1

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ТЕПЛОЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Д-р техн. наук С.А. Растимешин, канд. техн. наук И.Ю. Долгов, канд. техн. наук Д.А. Тихомиров, канд. техн. наук М.Н. Фильков (ГНУ ВИЭСХ)

Показаны основные направления развития систем теплоэнергоснабжения сельскохозяйственного производства. Обоснованы причины непрерывного увеличения энергоемкости сельскохозяйственной продукции. Представлены основные источники повышения эффективности и стратегия развития энергоресурсосберегающих систем теплообеспечения. Проведен анализ эффективного использования различных энергоносителей в системах теплоснабжения.

Ключевые слова: *теплоэнергоснабжение; энергоемкость; энергоносители; системы теплоснабжения.*

In the article the basic directions of development of systems for heat and power supply of an agricultural production are shown. The reasons of continuous increase in power consumption of agricultural production are proved. The basic sources of increase of efficiency and strategy for development of systems for the heat supply keeping energy and resources are submitted. The analysis of an effective utilization of various energy carriers in systems of a heat supply is carried out.

Keywords: *heat and power supply; power consumption; energy carriers; system of a heat supply.*

Программой работ ГНУ ВИЭСХ Россельхозакадемии по фундаментальным и приоритетным исследованиям по научному обеспечению развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на 2011-2015 годы предусматриваются исследования и разработки высокоэффективных автоматизированных энергоресурсосберегающих технологий, технических средств и систем на их основе для теплоэнергоснабжения производственных объектов основных энергопотребляющих отраслей сельского хозяйства: животноводства, птицеводства и растениеводства.

Структура потребления энергоносителей в сельском хозяйстве в млрд тонн условного топлива представлена в табл. 1.

Таким образом, теплоэнергоснабжение сельскохозяйственных объектов в России в зависимости от доступности вида энергоносителя для конкретного потребителя осуществляется твердым, жидким, газообразным топливом или электроэнергией.

Известно, что имеется прямая связь производства продукции с энергозатратами, доля которых в ее себестоимости возросла с 3-8% до 15-30%, что вызвано в том числе опережающим ростом тарифов и цен на электроэнергию и топливо по сравнению с ценами на сельскохозяйственную продукцию.

В связи с этим возникает острая необходимость на животноводческих предприятиях более строгого и экономного использования тепловой и электрической энергии и снижения материальных затрат, являющихся основными источниками повышения эффективности и основной стратегии развития энергоресурсосберегающих систем теплообеспечения.

Характерными тенденциями развития сельского хозяйства России являются: непрерывное увеличение энергоемкости продукции из-за невысокой эффективности преобразования энергоносителей в теплоту, практического отсутствия активных (в том числе на базе тепловых насосов) и пассивных систем рекуперации сбросной (техногенной) теплоты, энергосберегающих теплонасосных установок для отопления и водонагрева с трансформацией теплоты гидро- и геотермальных источников или теплоты наружного воздуха (совместно с традиционными теплогенераторами), биогазовых и синтезгазовых систем, использующих местные виды топлива и отходы сельскохозяйственного производства для выработки теплоты и электроэнергии (при применении когенерационных теплоэлектростанций), применения высокоэффективных энергосберегающих систем микроклимата, которые в значительной степени определяют продуктивность сельскохозяйственных объектов.

Таблица 1

Показатель	1990	2005	2007	2010	2015	2020
					Прогноз	
1. Суммарное энергопотребление, в том числе:	121,3	66,5	68,5	72,0	78,0	85,0
- в производстве	70,5	22,5	23,0	26,0	30,0	35,0
- в быту и сфере услуг	50,8	44,0	45,5	46,0	48,0	50,0
2. Структура энергоносителей:						
- твердое топливо	45,3	21,0	19,5	19,5	15,5	13,5
- жидкое топливо	48,7	14,0	14,8	16,0	18,0	20,5
- газ	15,7	23,4	25,0	25,5	28,4	31,0
- электроэнергия (млрд. кВт·ч/т у.т.)	96,4/11,6	55,4/6,8	60,45/7,4	66,0/8,0	74,0/9,1	82,0/10,0
- возобновляемые источники	-	0,5	0,6	1,0	2,0	2,0
- биомасса, растительные и древесные отходы, биотопливо из растительного масла	-	0,8	1,2	2,0	5,0	8,0

Эти тенденции обусловливают снижение конкурентоспособности отечественного сельскохозяйственного производства по сравнению с развитыми зарубежными странами, а также обусловливают необходимость закупки значительного объема сельхозпродукции за рубежом.

Повышение эффективности сельскохозяйственного производства неразрывно связано с дальнейшим развитием энергоресурсосберегающих систем теплообеспечения предприятий, существенно влияющих на снижение себестоимости и энергоемкости производимой сельскохозяйственной продукции.

Как показали исследования, эффективными и перспективными следует считать газовые и электрические системы и технические средства теплообеспечения и электроснабжения децентрализованного типа. При этом в качестве газового топлива может использоваться как магистральный газ централизованной поставки, так и био- или синтезгаз, производимый непосредственно на базе техногенных технологических отходов сельскохозяйственного предприятия. Для электроснабжения, наряду с централизованными электросетями, в ряде случаев возможно эффективное использование ветро- и минигидроэлектростанций, а также солнечных теплоэлектростанций.

Для утилизации теплоты техногенных источников, в первую очередь теплоты воздуха вытяжной вентиляции животноводческих комплексов и птицефабрик, а также трансформации теплоты воды крупных наземных водоемов, расположенных вблизи сельскохозяйственных объектов, актуальным является широкое использование теплонасосных установок [1, 2].

В системах теплообеспечения животноводческих помещений основным и наиболее энергоемким процессом является обеспечение микроклимата. На эти цели расходуется боле 60% тепловой энергии от общих затрат на теплообеспечение объекта в целом.

Работающие в автоматическом режиме системы обеспечения микроклимата следует разрабатывать с учетом новых технологий содержания животных. Вентиляционное оборудование следует разрабатывать в комплекте с регулируемым электроприводом, эффективными системами очистки воздуха вытяжной вентиляции и использованием новых материалов.

Особое место занимают работы по созданию перспективных средств локального электрообогрева молодняка, использование которых предопределено самой технологией производства [3].

В связи с изложенным, **основными направлениями работ по развитию систем теплоэнергоснабжения сельскохозяйственного производства являются** следующие.

В области использования магистрального природного газа:

- замена традиционных газовых котлов на высокоэкономичные конденсационные с коэффициентом преобразования энергии газа в теплоту 95-98%, производство которых в последние годы осуществляется подавляющим большинством ведущих зарубежных фирм, что обусловливает активное вытеснение с рынков традицион-

ных газовых котлов других видов;

- разработка систем тепло и электроснабжения сельхозобьектов на базе конденсационных котлов и когенерационных теплоэлектростанций, выработка электроэнергии и теплоты на последних позволяет не только снизить затраты на тепло-электроснабжение сельхозобьектов, но и повысить надежность их энергоснабжения, исключив крупные убытки сельхозпроизводителей;

- разработка систем электроснабжения и тепло-холодоснабжения (полного климатического обеспечения) сельхозобьектов на базе когенерационных теплоэлектростанций и газоприводных реверсивных теплонасосных систем с абсорбционными или компрессионными тепловыми насосами, с утилизацией теплоты воздуха вытяжной вентиляции предприятий животноводства и птицефабрик.

В области использования твердого топлива, местных топлив, биогаза и синтезгаза:

- повышение эффективности сжигания топлива: использование автоматических горелок, обеспечивающих оптимальное отношение углеводородного топлива и кислорода воздуха на всех режимах работы котла, установка в топке котла дополнительных поверхностей нагрева, интенсификация лучистого теплообмена между продуктами сгорания и экранными поверхностями котла, пиролизное сжигание (сухая перегонка) твердого топлива, использование энергии конденсации водяного пара отходящих газов, сжигание газообразного и жидкого топлива в двигателях внутреннего сгорания и газовых турбинах с целью одновременной выработки тепловой и электрической энергии;

- замена традиционных теплогенераторов на твердом топливе высокоэкономичными твердотопливными пиролизными котлами длительного горения (до 7 суток от одной загрузки);

- оборудование животноводческих комплексов и птицефабрик биогазовыми или синтезгазовыми установками перерабатывающими экскременты животных и птиц в био- или синтезгаз, используемый для теплоснабжения (теплогенераторами) или тепло и электроснабжения (когенерационными теплоэлектростанциями) этих комплексов совместно с газоприводными теплонасосными установками тепло-холодоснабжения для полного климатического обеспечения этих объектов.

Применение твердотопливных пиролизных котлов позволяет полезно использовать многочисленные виды низкосортного топлива: низкосортный каменный и бурый уголь, отходы деревообработки (опилки, стружка, щепа, кора и пр.) любой влажности и растениеводства (солома, жмых, шелуха, лузга и пр.), а также подготовленное топливо собственного производства (дрова, брикеты, гранулы, пеллеты, торф).

Альтернативные (возобновляемые) источники энергии постепенно вытесняют традиционные источники энергии (нефтяные топлива, магистральный природный газ). Однако этот процесс протекает крайне медленно. Альтернативная энергетика развивается благодаря росту цены на традиционные энергоресурсы, несмотря на временные изменения как в одну, так и в другую сторону под влиянием глобальных факторов случайной природы [1].

Анализ показывает, что в сельском хозяйстве возобновляемые источники энергии (ВИЭ) наиболее целесообразно использовать для тепло- и электроснабжения потребителей, не имеющих централизованных электрических сетей и надежного транспортного обеспечения [2].

В данном случае процесс выработки энергии должен строиться на местных источниках сырья. Сырье должно проходить соответствующую подготовку и закладываться на хранение. Запас сырья должен периодически пополняться и обеспечивать непрерывную работу оборудования.

В качестве возобновляемого источника энергии органического происхождения для тепло- и электроснабжения животноводческих ферм перспективно использовать биомассу (все органические отходы АПК). Потенциальный объем этого топлива в год может составить до 75 млрд $м^3$ с энергосодержанием 59 млн т у.т., что позволяет заменить до 52 млрд $м^3$ природного газа (10% его современной добычи в России), до 37 млн т. автомобильного бензина. Из 75 млрд $м^3$ биогаза при использовании когенерационных электрогенераторов можно получить 150 млрд кВт·ч электрической и 150 Гкал тепловой энергии в год. Для обеспечения фермерских хозяйств электроэнергией (3 кВт·ч/чел. в сутки) необходимо вырабатывать 42,7 млрд кВт·ч в год, что втрое меньше возможного производства электроэнергии из биогаза [3]. Переработка отходов растениеводства дает до 135 млн т пеллет, конвертируемых в 133 млрд $м^3$ синтезгаза, из которого в

свою очередь можно получить до 69 млрд $м^3$ биоводорода. Биоводород перспективно использовать для получение смесевых газовых топлив. Водород позволяет повысить эффективность рабочего процесса газопоршневого двигателя и обеспечивает экономию топлива. При этом снижается токсичность отработанных газов [4].

Пиролизом биомассы в водогрейных котлах можно получать генераторный газ, которой после очистки от твердых продуктов горения и паров воды можно использовать в качестве газообразного топлива для газопоршневого двигателя мини-ТЭЦ или аналогичного привода холодильных установок молочных ферм. Несмотря на то, что энергосодержание такого топлива в пять раз ниже энергосодержания природного газа его можно использовать на предприятиях АПК, находящихся на лесистых территориях, удаленных от источников энергии.

В области использования систем электротеплоснабжения:

- исследование и разработка теплонасосных систем трансформации теплоты воздуха вытяжной вентиляции и утилизации теплоты конденсаторов холодильных установок животноводческих комплексов и птицефабрик с обеспечением их полного теплоснабжения [1];

- исследование и разработка теплонасосных систем осушения и нагрева воздуха и электроснабжения теплиц и парников, высокоэффективного осушения сельхозпродукции с использованием холодильно-теплонасосной техники.

Перечисленные направления развития систем энергоснабжения сельхозпредприятий предусматривают ряд организационно-технических, инженерных мероприятий и разработку методологических основ сельскохозяйственной энергетики.

Основные организационно технические и инженерные мероприятия развития систем обеспечения микроклимата:

- совершенствование нормативов воздухообмена и режимов содержания животных;

- оптимизация технических параметров оборудования с учетом изменения тепловлажностной нагрузки и наружных климатических условий;

- автоматизация управления систем обеспечения микроклимата с учетом минимально необходимого воздухообмена для отдельных групп животных, сезонов года, климатических зон;

- обоснование параметров и разработка новых технологий и технических средств по очистке, осушению и утилизации теплоты внутреннего воздуха животноводческих помещений;

- разработка типоразмерных рядов локальных электрообогревателей в помещениях с молодняком животных, где могут быть созданы тепловые зоны с разной температурой, в помещениях периодического действия (доильных залах, ветсанпропускниках, складских помещениях и т.п.);

- обоснование параметров и разработка воздухонагревателей-аккумуляторов с использованием магнезита, талькохлорита, шамота и других твердых материалов, обладающих высокой теплоемкостью, в качестве накопителя теплоты в периоды действия пониженного тарифа на электроэнергию;

- модернизация электрокалориферных установок сельскохозяйственного назначения, имеющих характеристики, соответствующие тепловоздушным балансам современных животноводческих помещений с регулируемой подачей воздуха мощностью от 16 до 100 кВт [5].

В системах паро- и водоснабжения:

- разработка типоразмерного ряда водяных аккумуляционных электротепловых установок, использующих преимущества дифференцированного тарифа на электроэнергию и адаптированных для работы по многотарифному учету;

- создание энергосберегающих комбинированных установок и систем, способных одновременно вырабатывать пар и горячую воду в одном устройстве.

В технологических линиях термической обработки сельскохозяйственной продукции:

- применение пастеризаторов (молоко, соки) с инфракрасными нагревателями и ультрафиолетовыми облучателями, обеспечивающих получение молока более высокого качества при экономии энергозатрат до 25 %;

- электрические пароводонагреватели для гидротермической обработки зерна и комбикорма, варочные котлы для приготовления кормов животным.

Развитие основных направлений методологии сельскохозяйственной энергетики состоит в следующем:

Разработка и создание систем энергоснабжения (тепло-, холодо- и электроснабжения) ба-

зирующихся на технологиях, пригодных для любых климатических условий, надежном оборудовании и наличии сырьевой базы. Необходима разработка методологии и практических рекомендаций по энергетической оценке новых технологий и использования энергоносителей.

Актуальной задачей является разработка методологии построения и практического применения систем тепло и электроснабжения сельхозпредприятий на базе когенерационных теплоэлектростанций, теплонасосных установок, установок по производству био- и синтезгаза для основных энергопотребляющих отраслей сельского хозяйства – животноводства, птицефабрик и тепличных хозяйств.

Как показывает мировой опыт, решение столь масштабных перечисленных задач невозможно без финансовой поддержки государства.

При этом необходимо отметить, что стратегия и перспективы развития электрификации и газификации тепловых процессов в сельскохозяйственном производстве хорошо сочетаются с общим развитием электроэнергетики страны, тенденцией увеличения общего производства и потребления электроэнергии за счет атомных, угольных и гидроэлектростанций почти в 2 раза к 2020 году [11].

Литература

1. *Долгов И.Ю.* Роль и место теплонасосных установок в обобщенной термодинамической системе выработки и преобразования энергии // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология». 2011. №12. Саров: НТЦ «ТАТА», 2011.
2. *Долгов И.Ю.* Термодинамический анализ, энергетические и эксергетические характеристики парокомпрессионных тепловых насосов с электроприводом и пути их улучшения // Там же..
3. *Растимешин С.А.* Локальный обогрев молодняка. Теория и технические средства. М.: Агропромиздат, 1991. – 140 с.
4. *Растимешин С.А.*, *Трунов С.С.* Перспективы применения электрических теплоаккумуляторов на животноводческих фермах // В сб.: Научно-технический прогресс в животноводстве - стратегия научно-технологического обеспечения производства продукции на период до 2020 г. Научные труды. Подольск: ГНУ ВНИИМЖ, 2009. – Т. 20. С. 152-155.
5. *Бородин И.Ф.* Источники энергии и энергосбережение. Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве// Труды 3-й Международной науч.-техн. конференции. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2003. – Ч. 3. Энергосберегающие технологии в животноводстве и стационарной энергетике. С. 3-17.
6. *Синяк Ю.В.* Перспективы применения водорода в системах децентрализованного электро- и теплоснабжения // Проблемы прогнозирования. 2007. №3. С. 42-59.
7. *Арутюнов А.Л.* О перспективах использования основных и альтернативных видов топлива в сельскохозяйственном производстве России // Проблемы прогнозирования. 2010. №3. С. 82-92.
8. *Абрамчук Ф.И.*, *Кабанов А.Н.*, *Майстренко Г.В.* Влияние добавки водорода к природному газу на свойства смесевого топлива // Автомобильный транспорт. 2009. №24. С. 45-49.
9. *Расстригин В.Н.*, *Тихомиров Д.А.* Перспективы развития электрификации тепловых технологических процессов в сельскохозяйственном производстве // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. Труды 7-й Международной науч.-техн. конф. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2010. - Ч. 3. Энергосберегающие технологии в животноводстве и стационарной энергетике. С. 181-188.
10. *Растимешин С.А.*, *Трунов С.С.*, *Каткова Ю.Б.* Комплексные системы обеспечения микроклимата с возобновляемыми источниками энергии для животноводческих помещений // В сб.: Відновлювана енергетика XXI століття. Матеріали XII міжнародної науково-практичної конференії АР Крим, смт. Миколавка, 12-16 вересня 2011 року. Крим, 2011. С. 75-77.
11. *Мазур И.И.* Энергия будущего. М., 2006.

УДК 631.248:658.26

ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ КОМПРЕССИОННОГО И АБСОРБЦИОННОГО ТИПА В СИСТЕМЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ

А.А. Ковалев, д-р техн. наук В.В. Харченко
(ГНУ ВИЭСХ)

Рассмотрены абсорбционный и компрессионный тепловые насосы для поддержания температурного режима в биогазовой установке и снижения затрат энергии на производство биогаза.

Ключевые слова: *абсорбционный тепловой насос (АТН); компрессионный тепловой насос (КТН); биогазовая установка; рекуперация теплоты.*

In the article are considered absorbing and compression thermal pumps for maintenance of a temperature mode in biogas installations and decrease in expenses of energy on biogas manufacture.

Keywords: *the absorbing thermal pump (ATP); the compression thermal pump (CTP); biogas installation; heat recovery.*

Эффективное производство энергии на биогазовой установке возможно лишь в случае, когда суммарная энергия полученного биогаза будет значительно превышать расходы энергии на его производство, т.е. должно выполняться условие получения товарного биогаза, которое в общем виде может быть представлено как

$$\eta \cdot E_T + Q_T = \lambda \cdot V_г/3600 - Q_{СН} - \eta \cdot E_{СН} \text{ (кВт·ч/сут.)},$$

где $\eta \cdot E_T$ – количество товарной электроэнергии, кВт·ч/сут.; Q_T – количество товарной тепловой энергии, кВт·ч/сут.; $V_г$ – общее количество полученного биогаза, м^3/сут.; $Q_{СН}$ – расход тепловой энергии на собственные нужды установки, кВт·ч/сут.; $\eta \cdot E_{СН}$ – расход электроэнергии на собственные нужды установки, кВт·ч/сут.; η – КПД электрогенератора; λ – теплотворная способность биогаза, кДж/м^3.

$$Q_{СН} = Q_Н + Q_К + Q_{ТН} - Q_Р \text{ (кВт·ч/сут.)},$$

где $Q_Н$ – расход энергии на предварительный нагрев субстрата до температуры брожения кВт·ч/сут.; $Q_К$ – суточный расход энергии на компенсацию всех теплопотерь, кВт·ч/сут.; $Q_{ТН}$ – расход энергии на привод АТН, кВт·ч/сут.; $Q_Р$ – количество рекуперированной энергии, кВт·ч/сут.

Расход тепла на предварительный нагрев субстрата определяется как

$$Q_Н = C_Н \cdot \rho_Н \cdot V_Н \, (T_Н - T_1)/3600 \text{ (кВт·ч/сут.)},$$

где $C_Н$ – теплоемкость субстрата, кДж/(кг ^{0}К); $\rho_Н$ – плотность субстрата, кг/м^3; $V_Н$ – суточная доза загрузки, м^3/сут.; $T_Н$ – конечная температура нагрева субстрата, ^{0}С; T_1 – исходная температура субстрата, ^{0}С.

Среднесуточное количество тепла, необходимое для компенсации теплопотерь через ограждающие поверхности биореактора при среднегодовой температуре наружного воздуха

$$Q_К = k \, F \, (T_Н - T_В) \, 24/1000 \text{ (кВт·ч/сут.)},$$

где k – коэффициент теплопередачи, Вт/м^{2}К; F – площадь ограждающих поверхностей биореактора, м^2; $T_В$ – температура наружного воздуха, ^{0}С; $T_Н$ – температура субстрата в биореакторе, ^{0}С.

Максимальное суточное количество низкопотенциального тепла эффлюента:

$$Q_{эфф}^{max} = C_Н \cdot \rho_Н \cdot V_Н \cdot (T_Н - T_{OX\,min})/3600 \text{ (кВт·ч/сут.)},$$

где $T_{OX\,min}$ – температура эффлюента в отстойнике, необходимая для прекращения остаточного газовыделения, ^{0}С.

Максимальное суточное рекуперируемого тепла:

$$Q_Р^{max} = Q_{эфф}^{max} + \Sigma \, Q_{Р\,i},$$

где $\Sigma \, Q_{Р\,i}$ – суммарное количество рекуперируемого низкопотенциального тепла от других источников (зависит от схемы теплоснабжения).

Среднесуточное количество рекуперируемого тепла:

$$Q_Р < Q_Р^{max}.$$

Исходные данные для расчета:

- биореактор – модуль-блок объемом 60 м^3, площадь ограждающих поверхностей биореак-

тора F = 103,62 м^2, теплоизоляция – минеральная вата толщиной 300 мм, коэффициент теплопередачи ограждающих конструкций биореактора k = 0,136 Вт/м^{2}К, режим работы – термофильный при температуре субстрата в биореакторе $T_H = 55^0$C;

- субстрат – навоз КРС влажностью 95%, с теплоемкостью C_H = 4,06 кДж/(кг ^{0}К), плотностью ρ_H = 1020 кг/м^3, исходной температурой $T_1 = 10^0$C;

- температура эффлюента в отстойнике, необходимая для прекращения остаточного газовыделения $T_{OX\,min} = 7\ ^0$C;

- температура наружного воздуха T_B = = 4,1 ^{0}C;

- теплотворная способность биогаза λ = = 21500 кДж/м^3;

- весь полученный биогаз идет на привод электрогенератора, КПД электрогенератора η = = 0,35;

- электрогенератор и тепловой насос работают 16 часов в сутки.

По исходным данным получаем:

- суточная доза загрузки $V_H = 6$ м^3/сут.;

- общее количество полученного биогаза $V_г = 80$ м^3/сут.;

- расход тепла на предварительный нагрев субстрата Q_H = 310,6 кВт·ч/сут.;

- среднесуточное количество тепла, необходимое для компенсации теплопотерь через ограждающие поверхности биореактора Q_K = = 18,1 кВт·ч/сут.;

- максимальное суточное количество низкопотенциального тепла эффлюента $Q_{эфф}^{max}$ = = 331,3 кВт·ч/сут.

Рассмотрим компрессионный тепловой насос, включенный в систему теплоснабжения биогазовой установки на базе модуля-блока объемом 60 м^3. Схема системы представлена на рис. 1.

Нагрев исходного навоза осуществляется путем непрерывной прокачки биомассы циркуляционным насосом вдоль внутренней поверхности теплообменного аппарата-конденсатора теплового насоса. В полой стенке теплообменного аппарата-конденсатора теплового насоса конденсируется рабочее тело теплового насоса – хладагент R11 с передачей скрытой и явной теплоты процесса конденсации биомассе. В результате внутри биореактора достигается оптимальный для проведения процесса уровень температуры (55^{0}C).

За счет использования в качестве теплоносителя горячей воды из теплоутилизационного блока осуществляться обогрев рабочего пространства только с целью компенсации теплопотерь в окружающую среду.

По приведенным выше формулам для компрессионного теплового насоса получаем: $Q_{TH} = 0$ кВт·ч/сут.; Q_P = 328,7 кВт·ч/сут.; $T_{OX} = 7\ ^0$C; $\eta \cdot E_{CH}$ = 67,2 кВт·ч/сут. при установленной мощности компрессора N = 4,2 кВт; ε = 5; $\eta \cdot E_T$ = 99,8 кВт·ч/сут.; Q_T = 139,3 кВт·ч/сут. в виде теплоносителя вода, в том числе 101,3 кВт·ч/сут. с температурой теплоносителя 95^{0}C и 38 кВт·ч/сут. с температурой теплоносителя 55^{0}C.

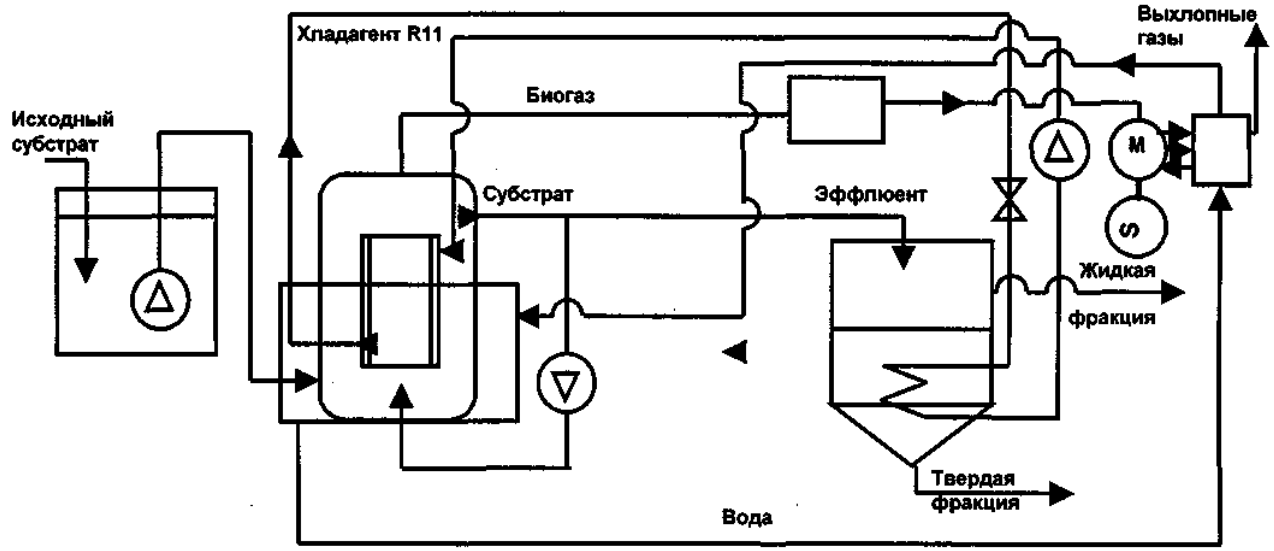


Рис. 1. Схема системы теплоснабжения БГУ с компрессионным тепловым насосом (КТН)

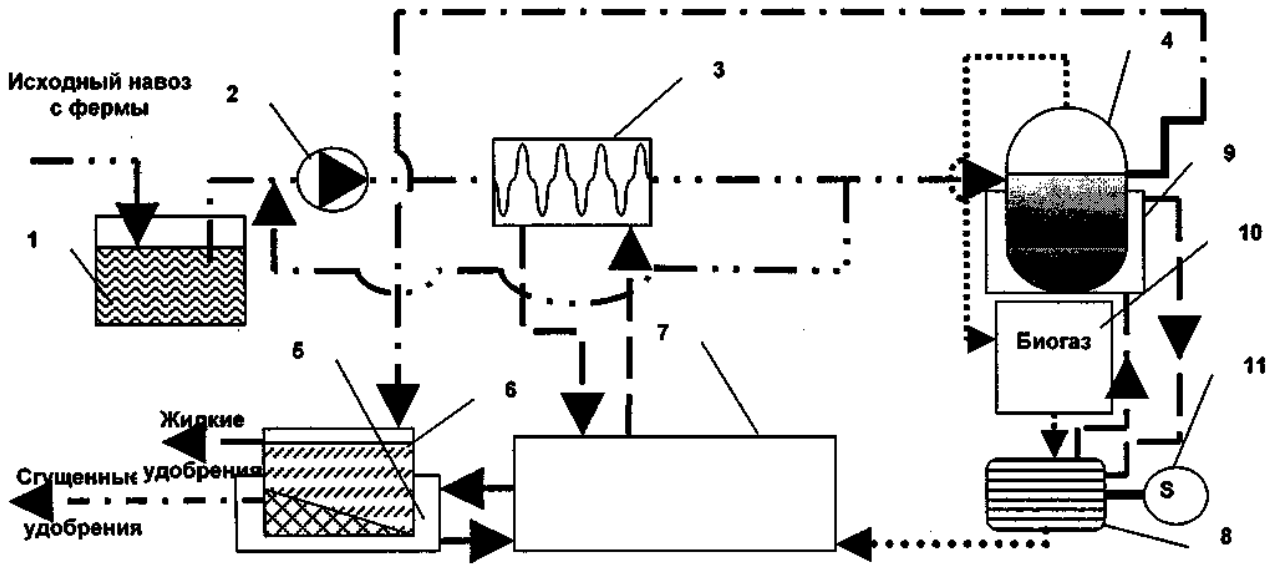


Рис. 2. Схема системы теплоснабжения БГУ с абсорбционным тепловым насосом (АТН): 1 – приемная емкость; 2 – насос загрузки субстрата; 3 – спиральный теплообменник типа инфлюент/вода; 4 – биореактор; 5 – охладитель эффлюента; 6 – отстойник эффлюента; 7 – абсорбционная холодильная машина; 8 – двигатель внутреннего сгорания; 9 – тепловая рубашка биореактора; 10 – газгольдер; 11- электрогенератор;
— · · · - инфлюент; — · - эффлюент; — - вода; ···· - биогаз; • • • - выхлопные газы

Таблица 1. Сравнительные показатели работы тепловых насосов в системе теплоснабжения биогазовой установки

Показатель	Единица измерения	Компрессионный ТН	Абсорбционный ТН
Потребление электроэнергии	кВт·ч/сут.	67,2	0
Рекуперация теплоты уходящих дымовых газов	кВт·ч/сут.	0	185,7
Рекуперация теплоты эффлюента	кВт·ч/сут.	331,3	122,6
Температура охлажденного эффлюента	^{0}C	7	37
Прекращение остаточного газовыделения	-	есть	отсутствует
Количество товарной электроэнергии	кВт·ч/сут.	99,8	167
Количество товарной тепловой энергии (температура теплоносителя 95^{0}C)	кВт·ч/сут.	101,3	101,3
Количество товарной тепловой энергии (температура теплоносителя 55^{0}C)	кВт·ч/сут.	38	0

Рассмотрим абсорбционный тепловой насос, включенный в систему теплоснабжения биогазовой установки на базе модуля-блока объемом 60 м^3. Схема системы представлена на рис. 2.

Исходный субстрат, проходя через теплообменник 3, нагревается от теплоносителя контура охлаждения АТН-7 до рабочей температуры термофильного режима t = 55^{0}C.

Потери теплоты через ограждающие конструкции биореактора компенсируются с помощью тепловой рубашки биоректора. Поддержание термофильного режима в биоректоре осуществляется теплоносителем контура охлаждения ДВС-8.

Обработанный субстрат из биореактора 4 поступает в отстойник эффлюента 6, где с помощью охладителя эффлюента охлаждается теплоносителем рабочего контура АТН-7.

По приведенным выше формулам для абсорбционного теплового насоса получаем: Q_{TH} = = 185,7 кВт·ч/сут.; Q_P = 328,7 кВт·ч/сут.; T_{OX} = = 37 ^{0}C; $\eta \cdot E_{CH}$ = 0 кВт·ч/сут.; ξ = 0,66; $\eta \cdot E_T$ = = 167 кВт·ч/сут.; Q_T = 101,3 ч/сут. в виде теплоносителя вода с температурой теплоносителя 95^{0}C.

Как видно из схем, в обоих случаях в отстойнике эффлюента расположен охладитель.

В процессе расслоения обработанного субстрата в отстойнике эффлюента сгущенная

фракция эффлюента скапливается в нижней (осадочной) части аппарата. Из-за значительной концентрации анаэробных метаногенных микроорганизмов и наличия остаточного органического вещества субстрата в осадочной части развивается анаэробный процесс с выделением биогаза. Всплывающие пузырьки биогаза являются причиной резкого падения интенсивности процесса расслоения обработанного субстрата, так как развивается процесс встречного переноса твердой фазы за счет биофлотации.

Размещение в нижней части отстойника эффлюента охладителя приводит к резкому снижению температуры осажденной биомассы, и, как следствие, к соответствующему снижению остаточного газовыделения. В конечном счете сокращается продолжительность процесса разделения эффлюента на фракции. Однако по проведенным расчетам система теплоснабжения биогазовой установки с применением АТН не обеспечивает достаточного охлаждения субстрата.

В системе теплоснабжения биогазовой установки абсорбционные тепловые насосы имеют ряд неоспоримых преимуществ по сравнению с компрессионными, а именно:

– отсутствие подвижных частей и, следовательно, более высокая надежность и долговечность;

– отсутствие в холодильном аппарате разнородных и дорогих материалов, а следовательно, более высокая технологичность и меньшая стоимость;

– бесшумность в работе и возможность использования дешевых источников тепловой энергии вместо электрической.

Недостатками абсорбционных тепловых насосов по сравнению с компрессионными в системе теплоснабжения биогазовой установки являются:

– невысокий коэффициент теплоиспользования;

– неспособность достижения температуры эффлюента в отстойнике, необходимой для прекращения остаточного газовыделения.

Литература

1. *Ковалев А.А.* Технологии и технико-энергетическое обоснование производства биогаза в системах утилизации навоза животноводческих ферм. Дисс. … д-ра техн. наук. М., 1998.
2. *Бадылькес И.С., Данилов Р.Л.* Абсорбционные холодильные машины. М.: Пищевая промышленность, 1966.
3. *Розенфельд Л.М., Ткачев А.Г., Гуревич Е.С.* Примеры и расчеты холодильных машин и аппаратов. М., 1960.

УДК 631.363

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ ТЕРМОРЕАКТОР ДЛЯ ОБРАБОТКИ ФУРАЖНОГО ЗЕРНА И КОМБИКОРМОВ

Канд. техн. наук С.Г. Карташов, канд. техн. наук Е.М. Клычев, д-р техн. наук Е.И. Резник, д-р техн. наук Д.П. Лебедев (ГНУ ВИЭСХ)

Представлены материалы расчета тепловых потерь и разогрева резервуара корпуса термореактора, который предназначен для приготовления экологически чистых сыпучих зерновых компонентов и ввода их в полнорационные комбикорма. Также кратко изложены результаты работы термореактора.

Ключевые слова: *термореактор; комбикорма; влаготепловая обработка фуражного зерна.*

In the article presented material of the calculation of the heat losses and разогрева reservoir of the body thermal reactor, which is intended for preparation ecological clean loose corn component and entering them in multifunction stern. Also briefly results of the work thermal reactor is stated.

Keywords: *thermal reactor; multifunction stern; humid and heat processing forage grain.*

Для получения животноводческой продукции в России все большее место занимают фермерские хозяйства (с поголовьем до 100 коров). При этом возникают особые требования к получению экологически чистых компонентов для ввода их в полнорационные комбикорма. Кормление животных такими комбикормами позволяет повысить продуктивность животных на 8-10% и увеличить усвояемость крахмала в 1,5-2 раза [1]. С целью интенсификации процесса тепловой обработки фуражного зерна и комбикормов в процессе их смешивания в ГНУ ВИЭСХ были проведены предварительные исследования по обоснованию режимов и параметров обеззараживания комбикормов [2] при обработке перегретым паром, их сушке и охлаждении в смесителе. Для дальнейшего изучения процесса влаготепловой обработки высокобелкового фуражного зерна нами был создан термореактор, в котором обеспечивается нагрев корпуса от специального нагревателя и подача теплоносителя от электрического пароперегревателя закрытого исполнения.

При создании термореактора (рис. 1) необходимо было провести расчеты теплопотерь и разогрева корпуса термореактора.

Расчет тепловых потерь (вариант термоизоляции – минеральная вата) включает.

1. Тепловые потери с боковой поверхности резервуара термореактора $(P_{бок.цил.})$:

$$P_{бок.цил} = \frac{t_з - t_{окр}}{\frac{R_{из}}{S_{бок.цил.к}} + \frac{R_к}{S_{бок.цил.т}}}, \text{Вт}, \quad (1)$$

где $t_з$ - заданная требуемая температура, С°; $t_{окр}$ - температура окружающей среды, С°; $R_{из}$ - тепловое сопротивление термоизоляции

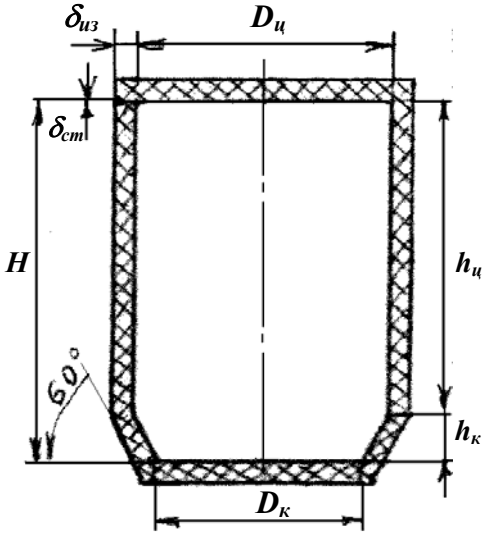


Рис. 1. Схема корпуса термореактора

на 1 м² поверхности, °К м²/Вт; $R_к$ - тепловое сопротивление конвективного теплообмена с окружающей средой на 1 м² поверхности, °К м²/Вт (где °К - температура в Кельвинах); $S_{бок.цил.к}$ - площадь боковой поверхности цилиндрической части резервуара по конусу, м²; $S_{бок.цил.т}$ - площадь боковой поверхности по теплоизоляции резервуара, м².

2. Тепловые потери через боковую коническую стенку поверхности резервуара:

$$P_{бок.кон} = \frac{t_з - t_{ок}}{\frac{R}{S_{бок.кон.к}} + \frac{R}{S_{бок.кон.т}}}, \text{Вт}, \quad (2)$$

где $S_{бок.кон.к}$ - площадь боковой поверхности конуса резервуара по корпусу; $S_{бок.кон.т}$ - площадь боковой поверхности по теплоизоляции конуса, м².

3. Тепловые потери через верхнюю крышку резервуара термореактора:

$$P_{кр1} = \frac{t_з - t_{окр}}{\frac{R_к}{S_{кр1т}} + \frac{R_{из}}{S_{р1}}}, \text{ Вт}, \quad (3)$$

где $S_{кр1т}$ - площадь поверхности крышки корпуса резервуара, м²; S_{h1} - площадь поверхности по теплоизоляции резервуара, м².

4. Тепловые потери через нижнюю поверхность дна резервуара:

$$P_{кр2} = \frac{t_з - t_{окр}}{\frac{R_к}{S_{кр2т}} + \frac{R_{из}}{S_{кр2}}}, \text{ Вт}, \quad (4)$$

где $S_{кр2т}$ - площадь поверхности дна по корпусу резервуара, м^2; $S_{кр2}$ - площадь поверхности дна по теплоизоляции резервуара, м^2.

5. Суммарные тепловые потери резервуара термореактора:

$$P_{пот} = P_{бок.цил.} + P_{бок.кон.} + P_{кр1} + P_{кр2}, \text{ Вт}, \quad (5)$$

Расчет разогрева термореактора:

$$P_{раз} = \frac{Cm_{кор} \times m_{кор}\left(t_з - t_{\min}\right) + Cm_{из} \times \frac{m_{из}}{2}\left(t_з - t_{\min}\right) + Cm_{из} \times m_{из}\left(t_з - t_{\min}\right)}{\tau_{раз}} + P_{пот.}, \text{ Вт}, \quad (6)$$

где $Cm_{корп}$ - теплоемкость корпуса реактора, Дж/кгК; $m_{кор}$ - масса корпуса термореактор, кГ; $Cm_{из}$ - теплоемкость изоляции, Дж/кгК; $m_{из}$ - масса изоляции , кГ; $Cm_{пр}$ - теплоемкость продукта, Дж/кгК; $m_{пр}$ - масса продукта, кг; $\tau_{раз}$ - время разогрева, мин (600 сек); k - коэффициент запаса мощности (k=1,36).

С учетом коэффициента запаса мощности:

$$P_{раз} = P_{раз} \times k, \text{ Вт}, \quad (7)$$

По результатам расчета был изготовлен и испытан опытный образец термореактора, который состоит из корпуса, установленного на специальной раме. Корпус имеет поворотное устройство для высыпания готового продукта и устройство для подачи перегретого пара. На корпусе термореактора намотан специальный провод или установлены ТЭНы как электронагревательные пояса, сверху закрытые теплоизолирующим утеплителем. В корпус встроены две термопары, а на его крышке смонтировано устройство ввода для охлаждения продукта. Управление работой термореактора осуществляется с использованием микропроцессорного устройства.

Техническая характеристика термореактора

Вместимость по продукту, кг	до 20
Продолжительность обработки, мин	не более 40
Установленная мощность	4,7
в т.ч. электронагревателя и привода мешалки, кВт	1,5
Габаритные размеры, мм:	
Длина	760
Ширина	550
Высота	1050
Масса реактора, кг	45,3

В результате проведенных опытов установлено, что нагрев, пропаривание, охлаждение и гомогенизацию сыпучих кормов необходимо проводить в две стадии тепловой обработки. В первой стадии термоустойчивые компоненты сначала подвергаются нагреву до 85-110 ^oC и увлажнению паром, а во второй стадии горячую массу охлаждают воздухом до температуры окружающей среды 50^oC, в смеситель добавляют термоактивные мобильные биологически активные компоненты, такие как витамины и ферменты. При этом одновременно с продолжением охлаждения всей массы тщательно перемешивают ее с остальной частью комбикорма.

Выводы

1. Проверена потеря использования влаготепловой и термической обработки зерна (на примере обработки бобовых культур) в псевдоожиженном и активно перемешиваемом слое. При этом обеспечивается интенсивный режим и высокая равномерность при обдуве зерна.

2. Достигается снижение влажности зерна при обработке в три раза (в среднем на 20% против 6% по сравнению с применяемыми способами).

3. Активное гидробаротермическое давление (0,12 МПа) на каждую частичку корма позволяет снизить нормы ПДК в 1,5 раза.

4. Обеспечивается активное обеззараживание зерна.

5. Выявлена возможность снижения более чем на 50% металлоемкости оборудования (модуль приготовления обогатительных добавок) по сравнению с традиционными применяемыми для этих целей техническими средствами.

Литература

1. *Соколов В.В.* Ветеринарное состояние сырья комбикормов комбикормовых предприятий и разработка мероприятий по его улучшению: Автореф. дис. … д-ра вет. наук. М., 2002.
2. *Иванов В.Г., Клычев Е.М., Ромалийский В.С., Карташов С.Г.* Способы обеззараживания комбикормов // Сборник научных трудов ВНИИМЖ. Т. 16. Ч. 3. Подольск, 2006. С. 64-66.

УДК 631.544.002.5

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ФАБРИКА-ТЕПЛИЦА ДЛЯ ИНТЕНСИВНОГО РАСТЕНИЕВОДСТВА

Канд. мед. наук И.А. Антуфьев (ГНУ ВИЭСХ)

Предложена теплица промышленного образца и способ для интенсивного круглогодичного культивирования растений гидропонным способом в культивационных колоннах. Конструкция теплицы разработана с учетом наиболее полного использования солнечного и искусственного освещения для световой и цветовой стимуляции растений, предотвращения попадания во внутренний объем теплицы насекомых-вредителей, пыли и дождевой воды

Способ интенсивного культивирования растений сопряжен с цветовой подсветкой растений, защитой их от вредного длинноволнового излучения солнца, создания водяного фильтра на светопрозрачном покрытии теплицы и др.

Ключевые слова: *интенсивное растениеводство; теплица; гидропонный способ; культивационная колонна.*

Proposed greenhouse industrial design and the way for intensive year-round cultivation of plants hydroponic way in cultivation columns. The design of the greenhouse has been developed with the full use of sunlight and artificial light for light and color stimulation of plants, prevent the inner space of the greenhouse insects, dust and rain water

The method of intensive cultivation of plants is associated with the color backlit plants, protecting them from the harmful effects of long-wave radiation of the sun, creating a water filter to transparent for the light cover greenhouses and receive small water aerosol in the upper area of greenhouses for the light it with the color of a certain wave-length and the transformation of aerosol in the color filter, using the controlled flow of the ventilation air by the scheme of the bottom-up.

Keywords: *intensive crop production; greenhouse; cultivation of plants hydroponic way; cultivation columns.*

Энергосбережение в тепличных технологиях имеет очень большое значение. Мы в своей разработке стремились максимально использовать энергию солнца (как световую, так и тепловую).

Известны технические решения, направленные на снижение энергозатрат при тепличном выращивании растений с помощью средств и механизмов для более эффективного использования солнечного света [1]. Недостатком такой теплицы является наличие сложной автоматической системы слежения за положением солнца, включающей датчики, исполнительные элементы, систему электроснабжения. Это снижает надежность системы, повышает ее стоимость, увеличивает расходы на эксплуатацию.

Другим решением (по патенту [2]) в кровле и на боковых стенах теплицы предусмотрены поворотные пластины, выполненные из прозрачного материала, пропускающего ультрафиолетовое излучение и стойкого к воздействиям атмосферных осадков. Недостатком такой теплицы является негерметичность основного полотна светопрозрачного покрытия, что создает во внутреннем объеме теплицы малоуправляемые или неуправляемые потоки воздуха и, кроме того, теплица становится открытой для насекомых-вредителей.

Целью настоящей разработки является создание конструкции фабрики-теплицы и условий для культивирования давно известных сортов растений с использованием всех преимуществ природного генотипа. Вышеуказанный технический результат достигается шестью разными, но совместно работающими факторами [3, 4]:

1 – рациональная конструкция теплицы, позволяющая максимально использовать солнечную инсоляцию с рациональным способом отражения и концентрации солнечного света в объеме теплицы;

2 – рациональный тип вентиляции помещения теплиц по схеме снизу - вверх, предотвращающий попадание в теплицу насекомых-вредителей, а также обеспечивающий обдув приточным воздухом каждой культивационной трубы с ее растениями и доставку растениям углекислоты приточного воздуха;

3 – регулируемое движение воздуха с возможностью использования водяного тумана и/или аэрозоля в верхней части теплицы в качестве цветовой линзы для усиления воздействия на растения определенной частью спектра солнечного и/или искусственного света;

4 – использование воды, водяных капель, водяного аэрозоля и естественного водяного пара для целей орошения светопроницаемого покрытия теплицы, для поглощения длинноволнового инфракрасного спектра солнечного света

и для целей цветовой нагрузки на растения, создаваемой естественным солнечным освещением и/или искусственным освещением с помощью прожекторов и отражателей света;

5 – применение прожекторов со сменной цветовой оптикой совместно с отражателями света, для создания возможности сократить количество светильников в теплице, повысить эффективность освещения и значительно экономить электроэнергию;

6 – использование гофрированных труб в качестве культивационных колонн.

Энергосберегающая фабрика-теплица (рис. 1) состоит из фундамента (пола) 1 с проложенными в нем закрываемыми решетками траншеями 2, малой (южной) стены 3 с оконными проемами и большой северной стены 4 высотой, примерно, вдвое большей южной стены.

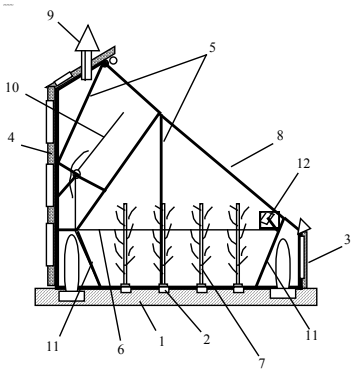


Рис. 1. Схема энергосберегающей фабрики-теплицы

Внутри теплицы выполнена опорная металлическая конструкция 5 с горизонтальными фермами 6 для крепления культивационных колонн 7 и размещения системы для создания мелкого водяного аэрозоля. На опорной конструкции смонтировано светопрозрачное покрытие 8. Для создания вертикального движения воздуха из теплицы наружу выполнен дефлектор 9. Светопрозрачное покрытие сформировано герметичным по всей поверхности с целью предотвращения попадания насекомых, дождевой воды и пыли внутрь теплицы.

Для концентрации и отражения солнечного и искусственного света в теплице смонтировано светоотражающее устройство 10, допускающее различные положения относительно падающего на него естественного и/или искусственного света. Помимо подвижного отражателя в теплице выполнены неподвижные отражатели 11, расположенные на участках опорной металлической конструкции. Для досветки растений и цветовой нагрузки на них в теплице установлена линия прожекторов 12 с цветовой оптикой.

Траншея (рис. 2) в полу теплицы выполнена с возможностью совмещения разных функций. В дне траншеи сформирован лоток 13 для стока технических вод, а по стенкам траншеи выполнены магистраль 14 для подачи питательного раствора в культивационные трубы, локальный вентиляционный воздуховод 15 и коллектор 16 для сбора вытекающего из культивационных труб питательного раствора. В верхней части траншеи установлен желоб, имеющий перфорированные участки 17 и неперфорированные, глухие участки 18, защищающие трубопроводы и воздуховоды от попадания на них грязных технических вод. Поверх желоба установлена защитная крышка 19 с перфорациями для выхода воздуха и паров воды.

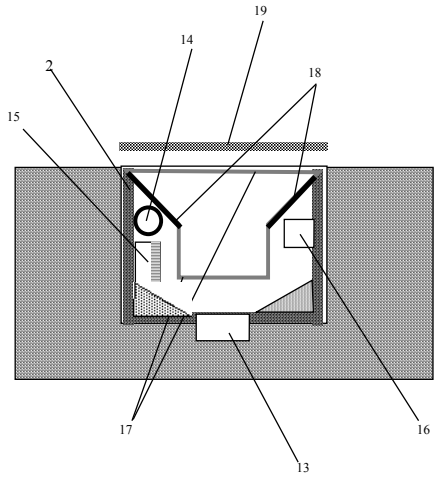


Рис. 2. Схема траншеи в полу теплицы

На месте установки культивационной трубы, на траншее расположена опорная тумба 20 (рис. 3) с углублением 21 для размещения культивационной трубы, покоящейся на кольцах 22

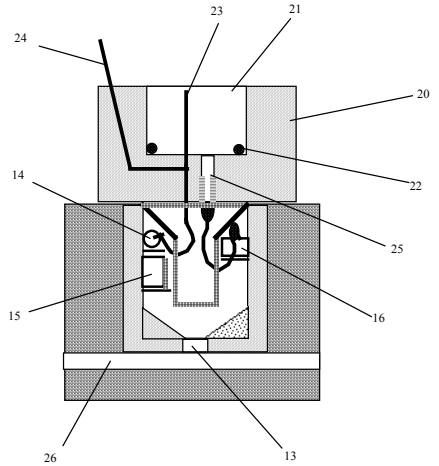


Рис. 3. Опорная тумба с углублением для размещения культивационной трубы

из эластичного материала. В тумбе выполнены патрубки 23 и 24 для подсоединения к магистрали питательной среды и контроля давления в ней, а также патрубок 25 для соединения с коллектором сбора питательного раствора. Внизу под траншеей выполнен канализационный сток 26.

Система вентиляции (рис. 4) выполнена по схеме движения воздуха снизу вверх, причем приточных отверстий, расположенных в решетках (крышках) траншей в полу теплицы, очень много, а выходное отверстие одно или их небольшое количество. Это создает эффект сильного воздушного потока выходящего воздуха в дефлекторе, препятствующего попаданию в теплицу насекомых-вредителей. Воздушные потоки, выходящие из соседних траншей, создают легкие вихри, которые слегка закручивают воздух вокруг распыляющих воду и/или питательный раствор форсунок 27 и способствуют образованию аэрозольных линз для более эффективной работы с цветом (то есть со спектром естественного и/или искусственного освещения).

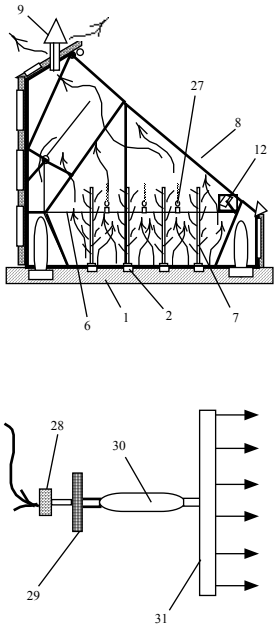


Рис. 4. Система вентиляции в теплице

Инженерное решение системы вентиляции выполнено с использованием воздухозаборного устройства 28, фильтра 29, компрессора 30 и магистрального воздуховода 31, от которого отходят локальные воздуховоды, размещенные в траншеях на полу теплицы.

Система орошения светопрозрачного покрытия с попутной целью снижения напряженности длинноволновой солнечной радиации (рис. 5) выполнена на базе насосной системы 32 (с емкостью и фильтром), подающей очищенную воду в магистраль 33 с мелкими отверстиями для равномерного орошения или полива воды на верхнюю часть светопрозрачного покрытия теплицы, и сборника 34, выполняющего роль направляющего устройства для стекающей воды в емкость насоса 35 (с фильтром и стерилизующим устройством), подающего очищенную и стерилизованную воду в магистраль 36 с последующим выбросом через форсунки для распыления в помещении фабрики-теплицы.

Магистраль подачи питательного раствора в культивационные колонны сформирована на базе такой же насосной системы (как 32), но большей мощности с емкостями, фильтрами и стерилизующими устройствами (на рис. 5 не показана).

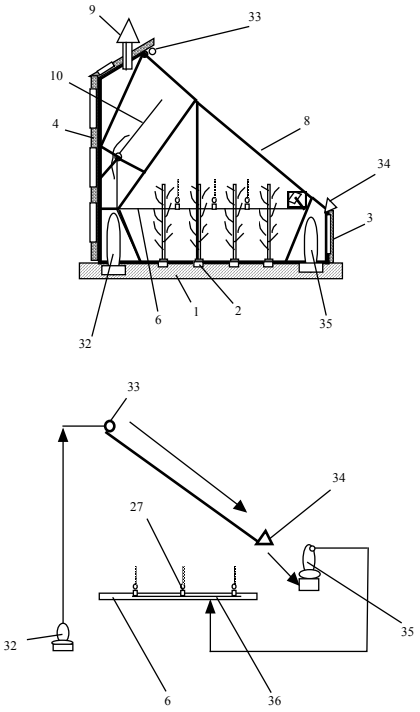


Рис. 5. Схема системы орошения светопрозрачного покрытия теплицы

Растворный узел для приготовления маточных и рабочих растворов на рис. 5 не показан. Вход в теплицу, в целях предотвращения попадания внутрь вредных насекомых и резких изменений скорости движения воздуха внутри теплицы, осуществляется через простое шлюзовое помещение с двумя дверьми, разнесенными на расстояние 5-6 метров и двойными внутренними шторами (на рис. 5 не показано). А для целей опыления растений используют помещенные внутрь теплицы колонии полезных насекомых, например шмелей, пчел и др.

Работает фабрика-теплица следующим образом. После проверки и отладки всех систем, культивационные колонны 7 (см. рис. 1) запол-

няют растениями (высаживают рассаду в стенки колонн) и организуют проток рабочего питательного раствора через колонны с помощью насосной системы, магистрали 14 (см. рис. 3) питательного раствора и патрубка 23. Затем (если это необходимо) запускают систему промывки и охлаждения светопрозрачного покрытия теплицы, подавая насосом 32 очищенную воду в магистраль 33 для равномерного полива светопрозрачного покрытия 8 и сбора воды сборником 34 с последующим стоком воды в емкость насосной системы 35 (с фильтром и стерилизатором), подающей очищенную и обезвреженную воду в магистраль 36 для распыления форсунками 27. Стекающая по светопрозрачному покрытию вода и некоторое количество ее паров в данном случае выполняют роль водяного фильтра, поглощающего вредную для растений длинноволновую инфракрасную область спектра. Помимо этого, стекающая по крыше вода нагревается и может использоваться для распыления в теплице без дополнительного подогрева. А внутри теплицы, в ее верхней части, форсунками 27 создают мелкий водяной аэрозоль.

Далее запускают систему вентиляции (см. рис. 4) внутреннего объема теплицы-фабрики, состоящую из воздухозаборника 28, фильтра 29, компрессора 30, магистрального воздуховода 31 и локальных воздуховодов 15 (см. рис. 2). Добиваются такого потока воздуха снизу вверх, который поддерживает медленный подъем водяного аэрозоля в теплице и удаление его через верхнее вентиляционное отверстие – дефлектор 9.

Выделение определенной части спектра солнечного света производят следующим образом. На устойчивый аэрозоль водяных капелек и паров, исходящих из форсунок 27 (см. рис. 4), направляют свет прожекторов 12 (см. рис. 1 и 4) заданного цвета, например красного. Общая масса водяных капелек в теплице, подсвеченная нужным цветом, начинает работать как большой светофильтр, пропускающий только определенную часть спектра солнечного излучения. Свет прожекторов 12 совместно с отражателями 10 и 11 (см. рис. 1) усиливает общую освещенность растений, что ускоряет их развитие и созревание, принося ощутимый экономический эффект.

Вытекающую из культивационных колонн 7 (см. рис. 1) питательную среду собирают через патрубок 25 (см. рис. 3) в коллектор 16 сбора питательного раствора.

Урожай собирают круглый год по мере созревания плодов растений.

Литература

1. Энергосберегающая теплица / Андреев П.А. и др. // БИ. 1998. № 12.
2. Патент РФ №2165690 / Марьяхин Ф.Г. и др. // 27.04.2001.
3. Патент РФ №2248120. Устройство для выращивания растений / Антуфьев И.А. // 17.06.2002.
4. Патент РФ № 2414121. Установка для культивирования растений в офисе / Антуфьев И.А. // 21.10. 2008.

УДК 628.9:631.544.002.5

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЕТОДИОДНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ В ТЕПЛИЧНЫХ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЯХ

Асп. Д.С. Прокофьев, асп. Д.А. Семенов (ГНУ ВИЭСХ)

Рассмотрены преимущества и недостатки светодиодов и светильников на их основе по сравнению с традиционными источниками оптического излучения – натриевыми лампами высокого давления, используемыми в светильниках для теплиц, а также возможность их использования для выращивания сельскохозяйственных культур в условиях защищенного грунта.

Ключевые слова: *светодиод (СД); натриевая лампа высокого давления (НЛВД); светокультура; защищенный грунт.*

In the article considered advantage and defect light-emitting diode and lamp on their base in contrast with traditional source of the optical radiation – a sodium-vapor lamps of the high pressure, used in lamp for hothouses, as well as possibility of their use for выращивания agricultural cultures in condition of the protected soil.

Keywords*: light-emitting diode (SD); the sodium-vapor lamp of the high pressure (NLVD); light culture; the protected soil.*

Тепличные хозяйства решают важную народнохозяйственную проблему, снабжения населения свежими овощами в поздний осенний, зимний и весенний периоды, или при ведении светокультуры в течение круглого года.

В защищенном грунте выращивают рассаду овощных культур, различные лекарственные растения, зеленый корм, газонные покрытия, ведутся селективные работы для получения семян высокопродуктивных сортов [1]. Доля энергоносителей в общей структуре затрат тепличного комбината напрямую зависит от конструкции теплиц. В старых конструкциях теплиц на энергоносители уходит от 45% до 70% всех производственных затрат тепличного хозяйства. Современные теплицы за счет сокращения потерь тепла снижают потребление энергии до 20-30% в общей структуре затрат тепличного комбината [4]. Количество электроэнергии, потребляемой одновременно всеми агрокомбинатами России на освещение, достигает 170 млн кВт·ч, а количество эксплуатируемых ламп и светильников – более 400 тыс. шт. [1, 2].

В настоящее время на рынке представлено большое количество облучателей с НЛВД мощностью от 400 Вт до 1000 Вт, как отечественного, так и импортного производства. В отличие от обычных НЛВД, которые используются в уличном освещении, лампы для теплиц имеют более высокую световую отдачу до 150 лм /Вт, более высокий срок службы (до 20000 часов) и увеличенную долю излучения в синей области спектра, а так же возможность питания напряжением электрической сети 380 В.

В табл. 1 предоставлены основные параметры облучателей с НЛВД.

Но имеется и ряд недостатков: спектр лампы ДНаТ состоит из нескольких максимумов, наибольший из них имеет пик на длине волны 590 нм. Одновременно величины максимумов в красном и синем диапазонах - всего 1/8 от значения максимума на отметке 590 нм [5]. На рис. 1 представлен спектр излучения НЛВД.

Таблица 1. Основные параметры облучателей с НЛВД

Мощность, Вт	Uc, В	Ic, А (потребл. из сети)	$I_л$, А	$P_л+P_{ПРА}$, Вт	F, клм	Н, лм/Вт	Ф, мкмоль/с
400	220	2,1	4,4	445	56,5	140	725
600	220	2,9	6,2	635	90	150	1100
	380	1,6	3,6	640	87	142	1150
750	220	4,1	7,5	810	112	149	1350
	380	2,07	4,4	810	112	149	1350
1000	380	2,61	4	1040	145	145	1850

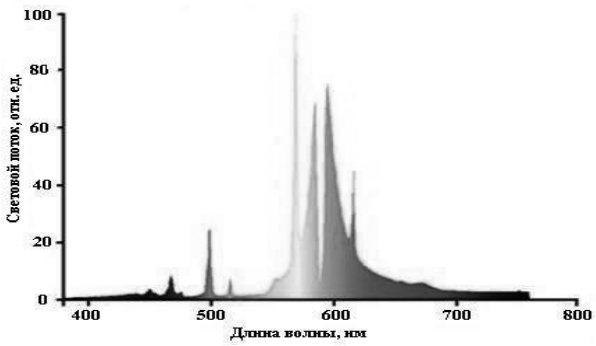


Рис. 1. Спектр излучения НЛВД

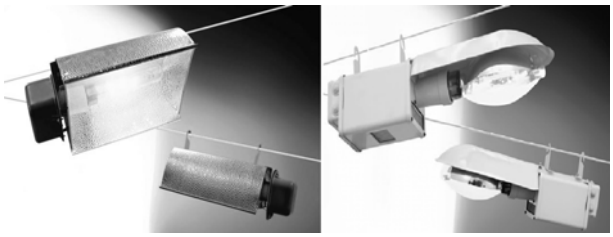


Рис. 2. Тепличные светильники ЖСП44-600, ЖСП55-600 Reflux

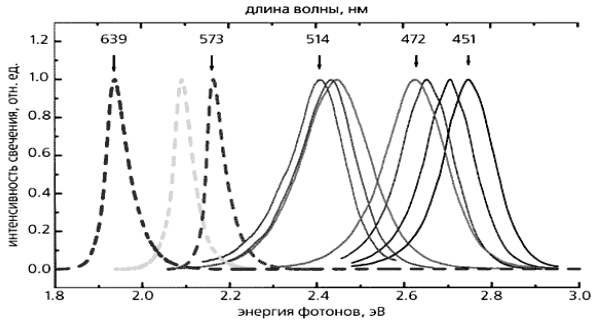


Рис. 3. Спектры излучения СД на основе гетероструктур InGaN/AlGaN/GaN (сплошные линии) и AlInGaP/GaP (штриховые линии)

Рис. 4. СД светильники ДСП01, ДО01 (Galad)

Современные светильники для теплиц, с отражателями из анодированного алюминия фирмы Alanod, с высокоэффективными источниками ОИ, имеющие КПД до 90% представлены на рис. 2.

В настоящее время все больше растет интерес специалистов тепличной отрасли к принципиально новым источникам света СД и световым приборам на их основе. СД лампы сочетают в себе преимущества как люминесцентных ламп, так и НЛВД, так как характер излучения СД во многом определяется составом люминофорных пленок, а светоотдача современных светодиодов достигает 130 лм/Вт. Поэтому при конструировании СД светильников в них можно закладывать СД с различным спектром излучения и обеспечить нужный спектральный состав общего светового потока, сохранив высокую светоотдачу. Такой подход уменьшает затраты на электроэнергию и повышает эффективность воздействия света на растение. На рис. 3 представлены спектры СД различных цветовых групп.

Другое не менее важное преимущество комбинированного СД светильника – возможность регулировать как интенсивность общего светового потока, так и изменения цветности излучения, за счет регулировки интенсивности излучения СД в различных цветовых диапазонах. Это направление работы – важный шаг в применении СД светильников для повышения энергоэффективности СД освещения и увеличения выхода продукции в тепличном хозяйстве. Используя СД, можно при меньших затратах электроэнергии подавать растениям необходимое ОИ с различным спектром. На рис. 4 представлены светодиодные светильники типа ДО01 и ДСП01 мощностью 160 Вт производства Лихославльского завода светотехнических изделий, которые можно рассматривать как перспективные световые приборы для тепличных электротехнологий.

Подводя итог, сформулируем в обобщенном виде основные достоинства и недостатки СД, как нового источника ОИ применительно к специфике тепличного освещения.

Достоинства

1. Достаточно высокая световая отдача (более 100 лм/Вт для белых СД) с перспективой дальнейшего увеличения.

2. Высокий срок службы (более 50 тыс. ч).

3. Возможность получения излучения любого спектрального состава.

4. Возможность достаточно простого регулирования электрической мощности, интенсивности и спектрального состава излучения.

5. Отсутствие пускового периода при включении СД.

6. Возможность размещения облучателей с СД над растениями, или непосредственно в ценозе.

7. Высокая степень экологичности СД.

Недостатки

1. Световая отдача ниже, чем у НЛВД.

2. Разброс данных по спектру и интенсивности у отдельных СД одного типа.

3. Сильная зависимость световой эффективности от температуры внутри светильника и на кристалле СД, что не позволяет создавать компактные и мощные светильники на их основе.

4. Большие габариты и вес световых приборов на основе СД, в равнении с существующими светильниками с НЛВД.

5. Высокая стоимость как самих СД, так и световых приборов на их основе.

Важно отметить, что благодаря возможности регулирования спектра СД, значительно проще может быть исследован и реализован потенциал [3] «оптимизации спектра» для конкретных культур и задач выращивания. Именно на основе СД могут быть изготовлены новые энергоэффективные светильники для растениеводства в защищенном грунте.

Литература

1. *Малышев В.В.* Повышение эффективности облучательных установок для теплиц. Дисс. … канд. техн. наук. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2007.
2. *Айзенберг Ю.Б.* Справочная книга по светотехнике. М., 2008.
3. *Прикупец Л.Б.* Светодиодные облучатели и перспективы их применения в теплицах // Теплицы России. 2010. №1.
4. *Никифоренков М.И.* Специализация - ключ к успеху // Там же.

УДК 628.9:636.5

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ СВЕТИЛЬНИКОВ СО СВЕТОДИОДНЫМИ ЛАМПАМИ ДЛЯ ОСВЕЩЕНИЯ ПТИЦЫ ПРИ КЛЕТОЧНОМ СОДЕРЖАНИИ

Д-р техн. наук А.К Лямцов, канд. техн. наук В.В. Малышев, асп. К.М. Гришин (ГНУ ВИЭСХ)

Обоснованы параметры светодиодных ламп: мощность, световой поток, цветность излучения. Мощность и световой поток определялись по результатам программного расчета по DIALux. Выбран светильник в арматуре ЛСП со светодиодной лампой мощностью 4,5 Вт. Приведены сравнительные производственные испытания в птичнике лампы накаливания в арматуре НСП и светодиодной лампы в арматуре ЛСП.

Ключевые слова: *лампа накаливания; светодиодная лампа; мощность; световой поток; потребляемый ток; сила света; коэффициент мощности; КПД излучения.*

In the article parameters of light-emitting diode lamps are proved: capacity, a light stream, chromaticity of radiation. Capacity and a light stream were defined by results of program calculation on DIALux. The fixture and armature LSP with a light-emitting diode lamp capacity of 4,5 Vt is chosen. Comparative industrial tests in hen house of a lamp of an incandescence in armature NSP and a light-emitting diode lamp in armature LSP are resulted.

Keywords: *an incandescence lamp; a light-emitting diode lamp; capacity; the light stream; a consumed current; force of light; power factor; radiation efficiency.*

Электроосвещение является одним из главных факторов, влияющих на развитие и продуктивность птицы. Основными требованиями, предъявляемыми к освещению в птицеводстве, являются уровень освещенности рабочей плоскости, продолжительность и прерывистость светового дня, а также имитация освещения «рассвет – закат».

В настоящее время освещение в птицеводческих хозяйствах осуществляется энергоемкими лампами накаливания (ЛН), которые имеют низкий КПД и малый срок службы (до 1000 ч).

Сегодня рассматривается возможность изъятия из птичников ламп накаливания и замене их на соответствующие светодиодные (СД) лампы повышенного качества.

Целью настоящего исследования является обоснование параметров светильников на базе светодиодных ламп для освещения птицы при клеточном содержании, позволяющих значительно снизить потребление электроэнергии на освещение в птицеводческих помещениях, не снижая при этом уровень продуктивности птицы.

Обоснование параметров СД ламп проведена по трем основным критериям: мощность ламп, световой поток (с учетом светотехнической арматуры) и цветность излучения. Мощность ламп и световой поток определялись по результатам программного светотехнического расчета. По нормативному значению освещенности 5–20 Лк на уровне среднего яруса клеточной батареи – из отраслевых норм освещения сельскохозяйственных предприятий, зданий и сооружений) подбирались оптимальные значения мощности и светового потока лампы, соответствующие данному нормативу.

Светотехнические расчеты в рамках рассматриваемого исследования были выполнены на базе программного комплекса DIALux.

Для выполнения расчетов заданы исходные данные, исходя из конкретных конструкций птичника:

- габариты помещения (птичник 86740×11780×3100 мм, а также четыре трехъярусные клеточные батареи внутри него);
- коэффициенты отражения от потолка, стен, пола и технологического оборудования (по 10% соответственно);
- марка используемых светильников с лампами (светотехническая арматура ЛСП-03; перечень ламп, использованных в светотехнических расчетах, указан в табл. 1);
- количество и расположение источников света (5 линий освещения, в каждой линии по 33 светильника, шаг установки светильников - 2,5 м);
- высота монтируемой поверхности светильников (2,6 м от пола);
- высота рабочей плоскости соответствует высоте ярусов клеточных батарей (h1=0,2 м, h2=0,97 м, h3=1,74 м);

Таблица 1. Результаты светотехнического расчета программным методом

Лампа	Мощность, Вт	Световой поток, Лм	Срок службы, тыс. ч	Уровень рабочей плоскости, м	Средняя освещенность, Лк
Накаливания	60	700	1	0,2	13
				0,97	19
				1,74	35
Светодиодная	6	480	50	0,2	16
				0,97	24
				1,74	45
Светодиодная	4,5	360	50	0,2	12
				0,97	18
				1,74	34
Светодиодная	3	260	50	0,2	9
				0,97	13
				1,74	24
Светодиодная	2,5	190	50	0,2	7
				0,97	10
				1,74	18

- ширина краевой зоны (0,5 м);
- коэффициент запаса для ламп светильников (Кз=1,4 для ламп накаливания, Кз=1,3 для светодиодных ламп).

Результаты светотехнического расчета программным методом приведены в табл. 1.

Одной из задач в работе являлся выбор и обоснование цветности излучения энергосберегающих ламп. Так как сложившимся и общепринятым считается мнение, что цветность искусственного излучателя для лучшего восприятия глазом должна быть максимально приближена по значению к естественному источнику света, то выбор был сделан в пользу теплобелой цветности при температуре светового излучения 2700°К.

По полученным данным было установлено, что наиболее оптимальными параметрами для освещения птицы при клеточном содержании, обладают светодиодные лампы мощностью 4,5 Вт тепло-белого излучения.

Материалом для изготовления светотехнической арматуры ЛСП служит поликарбонат, устойчивый к агрессивной среде в птичниках. Согласно технологическим рекомендациям ГНУ «ВНИТИП» Россельхозакадемии, светильники при эксплуатации на птицеводческих фермах, протираются насухо с периодичностью один раз в месяц. Данная технологическая процедура позволяет сохранять световой поток осветительных установок на прежнем уровне, не снижая его из-за загрязненных условий среды.

Рис. 1. Светодиодная лампа 4,5 Вт в арматуре ЛСП

Рис. 2. Лампа накаливания 60 Вт в арматуре НСП

Таблица 2. Электрические и светотехнические параметры светильника с СД лампой мощностью 4,5 Вт

Параметр	Значение
Оптическая мощность в видимом диапазоне	P=1 Вт
Суммарный световой поток	Ф=350 лм
Максимальная сила света	Imax=41,6 кд
Осевая максимальная сила света	Imax =30,2 кд
Освещенность по оси на расстоянии 2,5м	Ev=4,8 лк
Напряжение питания	U=221 В
Потребляемый ток	Ie=0,04 А
Коэффициент мощности	cos φ = 0,53
Активная потребляемая мощность	P = 5 Вт
Полная мощность	S=9,3 ВА
Реактивная мощность	Q=7,8 ВА
Эффективность, световая отдача	υ=70,7 лм/Вт
КПД излучения	η=20%
Координаты цветности	X=0,4339 Y=0,4062 Z=0,1599
Максимальная длина волны	λmax=579 нм
Цветовая температура по Планку	TPlank=2699,0 0K

Таблица 3. Характеристика птичника

Размеры технологического помещения, линий освещения	86740×11780×3100 мм, 5 линий по 33 лампочки, шаг через 2,5 м/п
Оборудование	4 батареи 3-х ярусные, размеры батареи 80720×1050×2675 мм
Существующее освещение, общая мощность	165 шт. ламп накаливания 60 Вт по 33 на линию батареи общей мощностью 9,9 кВт
Состав батарей	3 яруса, всего 516 клеток
Размер клеток, мм	1830×1050×650/600 (длина × ширина × фасад / внутри)
Размеры батареи с бункерами кормления, мм	86740×1920×2675

Исследования остальных светотехнических и электрических параметров СД ламп в арматуре ЛСП-03 проведены в лаборатории электрооптических технологических установок ГНУ ВИЭСХ.

Результаты исследования параметров светодиодной лампы 4,5 Вт приведены в табл. 2.

Изготовленное оборудование прошло производственную проверку в птичнике ГУП ППЗ «Птичное» Нарофоминского района Московской области в течение двух лет.

Характеристика птичника приведена в табл. 3.

Светильники ЛСП-03 с СД лампой 4,5 Вт были установлены в птичнике в одну линию в количестве 15 штук. Светильники со светодиодами устанавливались в действующие линии освещения птичника с сохранением существующей электропроводки и системы управления освещением. Сравнение проводили с освещением светильниками НСП-03 с ЛН мощностью 60 Вт. За время испытаний осветительных установок, люксметром «Ю-116» измерялись освещенности в трех точках по длине птичника на высоте 0,2; 0,97; 1,74 м от пола по высоте клеток.

Результаты измерения освещенности под светильником НСП-03 с лампой накаливания мощностью 60 Вт сведены в табл. 4.

Результаты математической обработки экспериментальных данных по лампам накаливания сведены в табл. 5.

Таблица 4

№ измерения		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Освещенность на высотах, лк	0,2 м	17	15	20	19	18	17	20	21	18	17
	0,97 м	22	20	21	19	23	24	19	20	21	29
	1,74 м	40	38	37	42	41	40	38	42	40	38

Таблица 5

Математическая функция	Результат для высоты подвеса, м		
	0,2	0,97	1,74
Математическое ожидание M(x)	18,2	20,8	40,4
Дисперсия D (x)	2,96	2,76	9,24
Среднеквадратическое отклонение σ	1,72	1,66	3,039

Таблица 6

№ измерения		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Освещенность на высотах, лк	0,2 м	12	14	11	12	15	11	14	12	11	10
	0,97 м	18	20	19	18	20	21	22	17	18	19
	1,74 м	34	37	32	33	35	37	32	33	37	39

Таблица 7

Математическая функция	Результат для высоты подвеса, м		
	0,2	0,97	1,74
Математическое ожидание M(x)	12,2	19,2	34,2
Дисперсия D (x)	2,36	2,16	4,16
Среднеквадратическое отклонение σ	1,536	1,469	2,039

Результаты измерения освещенности светильников с СД лампами 4,5 Вт тепло-белого света сведены в табл. 6.

Результаты математической обработки экспериментальных данных по светодиодным лампам сведены в табл. 7.

По результатам производственных испытаний на курах-несушках породы «Русская белая», продуктивность птицы сохранена на прежнем уровне (300 яиц/год). Каких-либо заболеваний птицы в ходе производственных испытаний, в том числе связанных со зрением, выявлено не было.

Литература

1. *Фисинин В.И.* Настоящее и будущее отрасли // Птицеводство. 2010. № 12. С. 5-8.
2. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б. Айзенберга. 3-е изд. М., 2008. С. 421-424.

УДК 631.371:621.1.001.57

ПРОГРАММА РАСЧЕТА ПОТРЕБНОЙ МОЩНОСТИ ОТОПИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ И ГОДОВОГО РАСХОДА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ НА ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ

Канд. техн. наук Д.А. Тихомиров
(ГНУ ВИЭСХ)

Представлен алгоритм и программа расчета потребной мощности отопительной установки и годового расхода тепловой энергии на объектах животноводства. Дефицит теплоты в помещениях определяется в соответствии с результатами расчета тепловлажностного баланса этих помещений. Программа позволяет оценить эффективность применение утилизаторов теплоты. Программный проект представлен в виде исполняемого Windows-приложения, не требует специального программного обеспечения и подготовки для работы с ним.

Ключевые слова: *отопительная установка; алгоритм; программа расчета; утилизатор теплоты.*

In the article the algorithm and the program for calculation required capacity of heating installation and the annual charge of thermal energy on objects for animal industries are submitted. Deficiency of heat in premises is defined according to results of calculation temperature-humidity balance for these premises. The program allows to estimate the efficiency of application heat utilizer. The program project is submitted as the executed Windows-appendix, does not demand the special software and preparation for work with it.

Keywords*: heating installation; algorithm; the program of calculation; heat utilizer.*

Расчет мощности отопительной установки и годового потребления энергии в тепловых процессах сельскохозяйственного производства служит основой для выбора теплоэнергетического оборудования и последующего обоснования схем теплообеспечения. Целью расчета годовой потребности фермы в теплоте является определение наиболее экономичного варианта схемы теплообеспечения и выбора энергоносителя, например, по методу приведенных затрат.

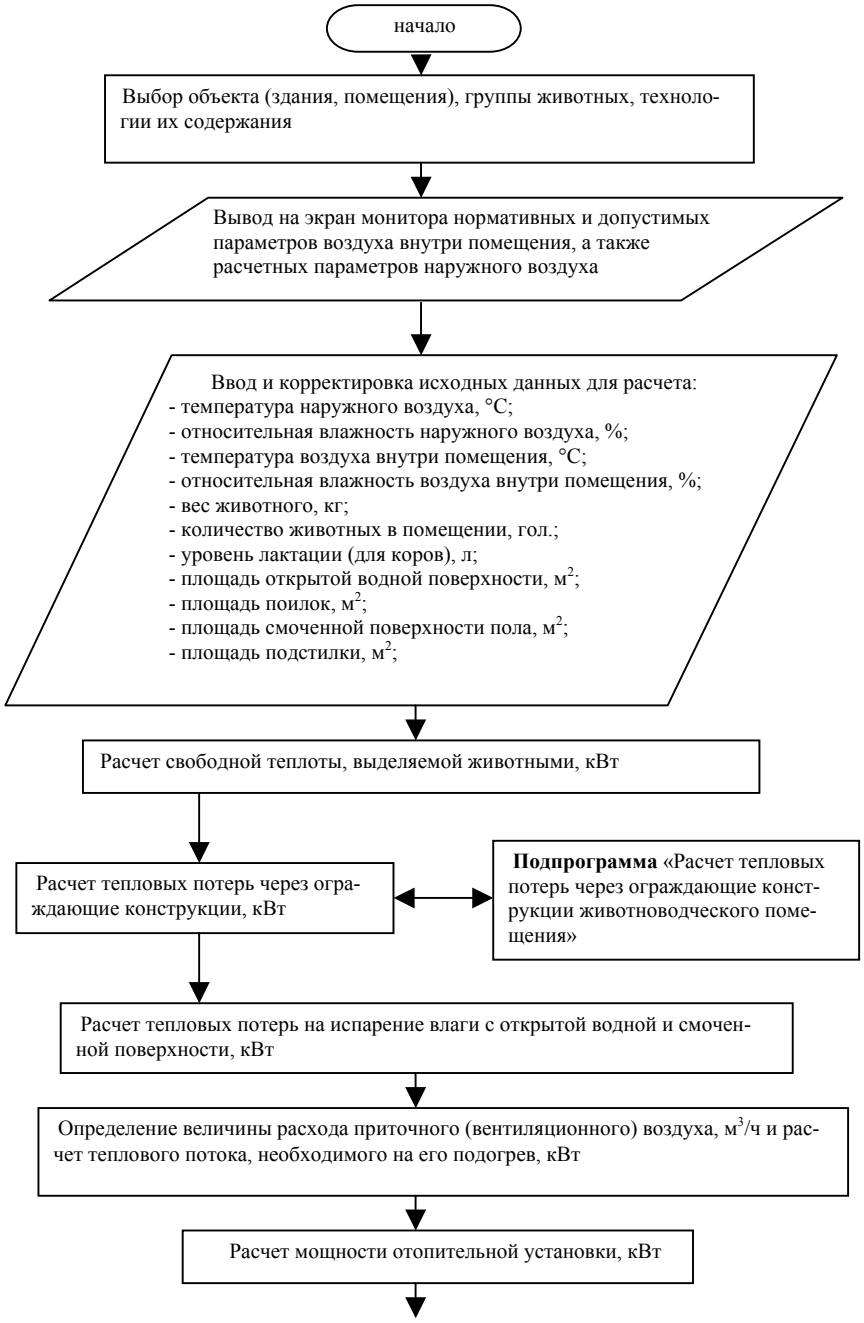
При расчете и проектировании систем обеспечения микроклимата животноводческих зданий параметры наружного и воздуха внутри помещения принимаются в соответствии с нормами технологического проектирования и СНиПами [1, 2, 3]. Система микроклимата должна обеспечить требуемые параметры содержание животных в течение всего периода их нахождения в помещениях в соответствии с технологическим процессом. Дефицит теплоты Q в помещениях определяется в соответствии с результатами расчета тепловлажностного баланса этих помещений [4, 5]. Балансовые уравнения составляются и решаются по отношению к свободным тепловыделениям животных. Учет баланса влаги производится расчетом воздухообмена. Уравнение тепловлажностного баланса записывается в следующем виде:

$$Q = Q_{\text{вент}} + Q_{\text{исп}} + Q_{\text{огр}} - Q_{\text{св}} - Q_{\text{ут}},$$

где $Q_{\text{вент}}$ – тепловой поток, необходимый на подогрев приточного воздуха от расчетной наружной до расчетной внутренней температуры, Вт; $Q_{\text{исп}}$ – теплота, теряемая на испарение влаги в помещении, Вт; $Q_{\text{огр}}$ – потери теплоты через ограждения здания, Вт; $Q_{\text{св}}$ – свободная теплота, выделяемая животными, Вт; $Q_{\text{ут}}$ – тепловой поток, возвращаемый теплоутилизатором, Вт.

Расчет всех составляющих теплового баланса вызывает определенные трудности, так как оперирует с большим количеством параметров и коэффициентов из области строительной теплотехники и климатологии, технологии содержания различных групп животных, требует наличия справочной литературы и нормативной документации и носит громоздкий характер. Поэтому в различных методических рекомендациях [4, 5] он представлен в упрощенном виде, что отрицательно сказывается на точности получаемых результатов. Так, годовой расход теплоты на создание искусственного микроклимата определяют при средней температуре отопительного периода, что приводит в ряде случаев к погрешности в расчетах до 20%.

Для значительного ускорения и облегчения расчета потребной мощности отопительной установки и годового расхода тепловой энергии для обеспечения требуемых параметров микроклимата на животноводческих объектах нами разработан программный проект для персонального компьютера (ПК) в средах проектирования Visual Basic и C#.



Продолжение рис. 1 →

Алгоритм расчета (рис. 1) разработан на теоретической базе методических рекомендаций [4, 5, 6] с рядом дополнений. Так с целью повышения точности расчета годовой расход теплоты на подогрев приточного воздуха определяется не по средней температуре за отопительный период, а по дифференциальным функциям распределения стояния температуры наружного воздуха рассматриваемой климатической зоны. Все параметры и коэффициенты, заложенные в программу расчета, взяты из действующих норм технологического проектирования предприятий КРС, свиноводческих предприятий и соответствующих СНиПов.

Программа написана для работы в диалоговом режиме с ПК таким образом, что все необходимые справочные данные включены в ее базу и пользователю нет необходимости в поиске какой-либо информации, что очень удобно и существенно упрощает работу. Программный проект, содержащий программные модули и экранные формы (рис. 2) транслирован в исполняемое Windows-приложение (exe-файл).

Основными исходными данными для расчета тепловых и энергетических параметров зданий животноводческих ферм являются: объект (здание, помещение), группы животных

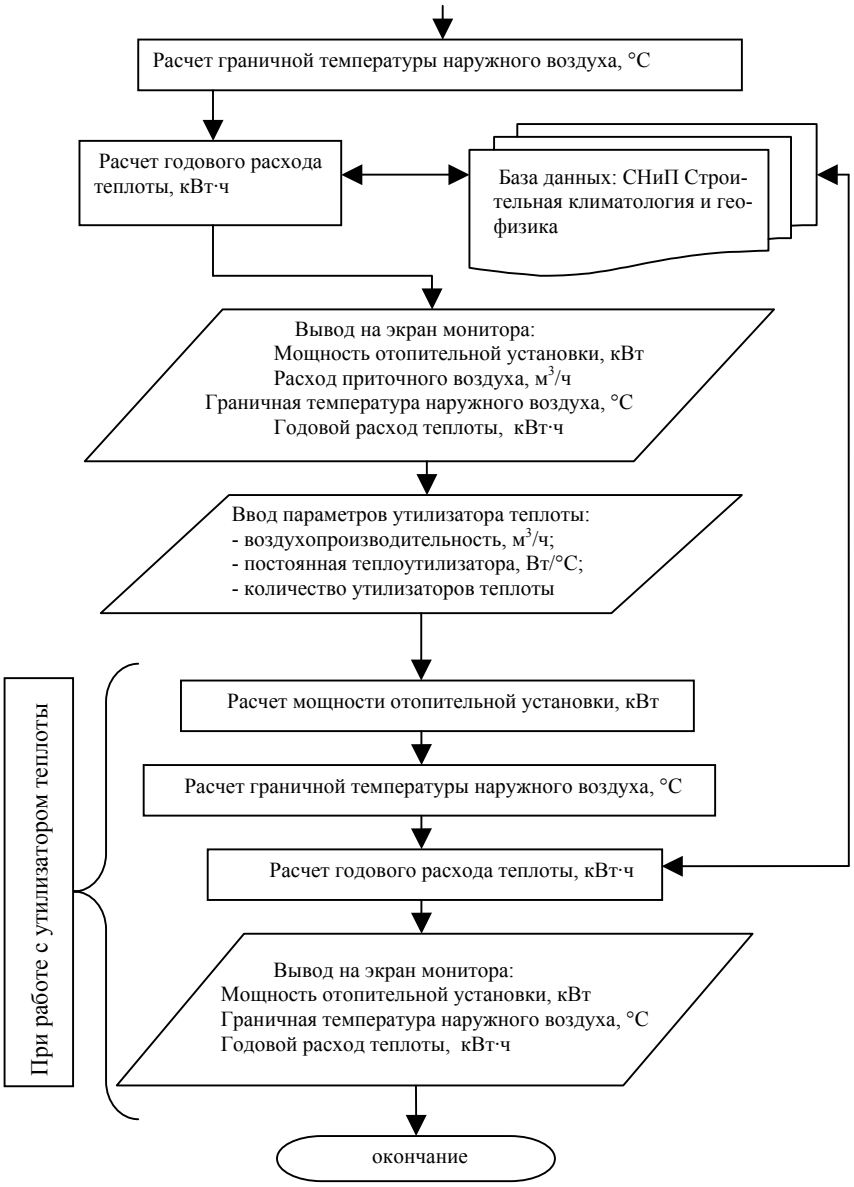


Рис. 1. Блок-схема алгоритма расчета мощности отопительной установки и годового расхода тепловой энергии

и технология их содержания, климатическая зона размещения объекта, температура наружного воздуха, относительная влажность наружного воздуха, температура воздуха внутри помещения, относительная влажность воздуха внутри помещения, вес животного, количество животных в помещении, уровень лактации (для коров), площадь открытой водной поверхности, площадь поилок, площадь смоченной поверхности пола, площадь подстилки.

В процессе работы за компьютером на экран монитора (или печатающее устройство) выводятся следующие результаты: нормируемые температура и относительная влажность воздуха внутри помещения, согласно нормам технологического проектирования, откорректированные пользователем исходные данные для расчета, поток свободной теплоты от животных, тепловой поток через ограждения, теплопотери на испарение влаги со смоченных поверхностей помещения, количество теплоты на подогрев приточного воздуха, мощность отопительной установки, расход приточного воздуха в помещении, граничная температура наружного воздуха, при которой начинается отопительный период, годовой расход теплоты на создание микроклимата в помещении.

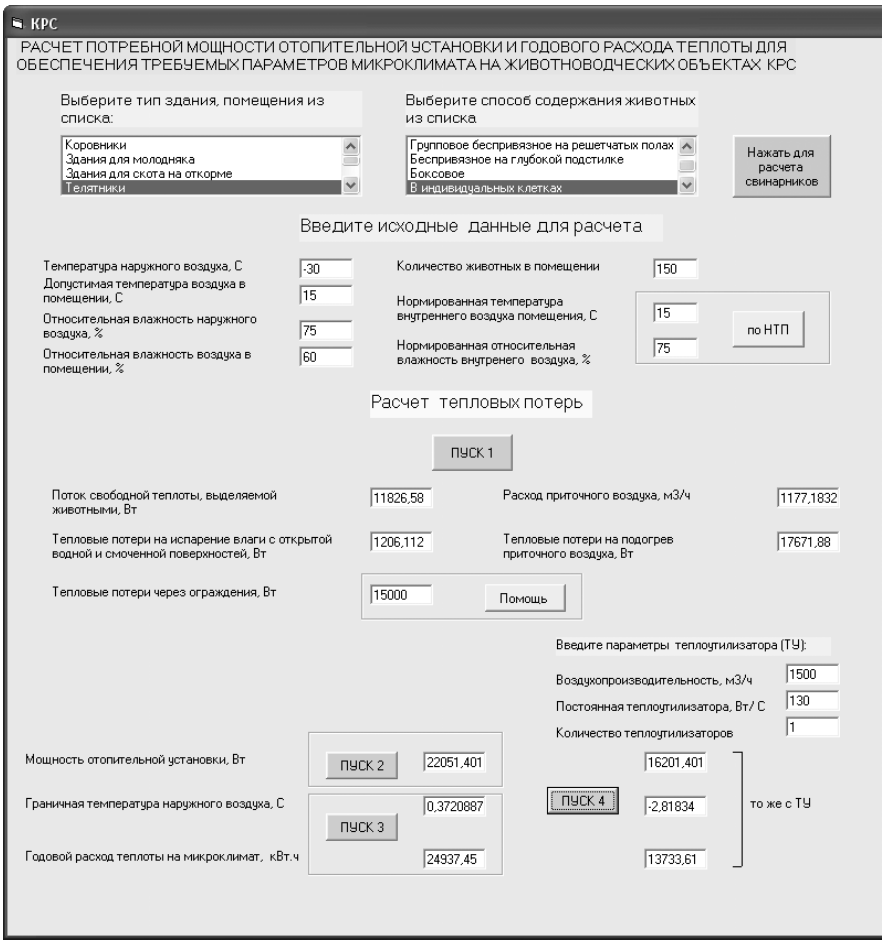


Рис. 2. Пример экранной форма программы расчета мощности отопительной установки и годового расхода тепловой энергии для объектов КРС

При использовании утилизаторов теплоты дополнительно вводятся в качестве исходных данных их теплоэнергетические показатели, и проводится анализ влияния теплоутилизаторов на мощность отопительной установки и годовой расход теплоты.

Разработанный программный проект позволяет: значительно ускорить, автоматизировать расчет составляющих уравнения тепловлажностного баланса помещений для различных групп животных с учетом технологий их содержания и климатической зоны размещения объекта; повысить точность расчета годового расхода тепловой энергии на микроклимат; динамично исследовать режимы работы проектируемой вентиляционно-отопительной установки при изменении параметров наружного и внутреннего воздуха; проанализировать эффективность применения утилизации теплоты удаляемого вентиляционного воздуха. Программный проект представлен в виде исполняемого Windows-приложения, не требует специального программного обеспечения и подготовки для работы с ним.

Литература

1. Методические рекомендации по технологическому проектированию ферм и комплексов крупного рогатого скота. М.: Минсельхоз РФ, 2011. - 109 с.
2. ВНТП2-96. Ведомственные нормы технологического проектирования свиноводческих предприятий. М.: Минсельхозпрод РФ, 1996.
3. СНиП 2.10.03-84 Животноводческие, птицеводческие и звероводческие здания и помещения.
4. Рекомендации по расчету, проектированию и применению систем электротеплоснабжения животноводческих ферм и комплексов. Запорожье, 1985. - 81 с.
5. Рекомендации по расчету и проектированию систем обеспечения микроклимата животноводческих помещений с утилизацией теплоты выбросного воздуха. М.: Гипронисельхоз, 1987. - 77 с.
6. *Расстригин В.Н., Сухарева Л.И., Тихомиров Д.А.* Методические рекомендации по расчету и применению систем электротеплообеспечения на животноводческих предприятиях. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2007. - 36 с.

УДК 620:631.365.22

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБОВ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СУШКИ ЗЕРНА

Д-р техн. наук А.Н. Васильев, канд. техн. наук Д.А. Будников
(ГНУ ВИЭСХ)

Отражены варианты применения электротехнологий в процессах сушки зерна, позволяющие снизить энергетические затраты на проведение процесса.

Предлагается конструкция бункера для хранения и вентилирования зерна, позволяющая проводить в нем различные схемы сушки зерна. Изложены особенности способа сушки зерна с применением электромагнитных полей микроволнового диапазона (зерно подвергают воздействию СВЧ-поля) перед загрузкой в бункер активного вентилирования. Также описан вариант сушки с применением аэроионов.

Ключевые слова: *вентилирование зерна; активное вентилирование; влажность; сушка; зерно; СВЧ; аэроионизация.*

In the article reflected variants of the using electric technologies in process of the drying grain, which allow to reduce the energy expenseses on undertaking the process.

The design of the bunker is offered for keeping and aeration grain, allowing conduct different schemes of the drying grain in him. The Stated particularities of the way of the drying grain with using by electromagnetic flap of the microwave range (grain subject to the influence field of the radio frequency) before loading in bunker of the active aeration. Also variant of the drying is described with using aero-ions.

Keywords*: aeration grain; active aeration; moisture; drying; grain; aero-ionizing.*

Совершенствование технологий и техники послеуборочной обработки зерна является важным направлением исследовательской деятельности. Задачами, стоящими перед исследователями, являются повышение равномерности высушивания всей зерновой насыпи, снижение затрат энергии на процесс сушки зернового материала, увеличение производительности сушилок, обеспечение сохранности качества зерна.

Для решения этих задач большое значение придают применению электротехнологий, таких как СВЧ, УЗ, аэроионизация, озонирование в процессах сушки [1, 2, 3]. В настоящей статье отражены варианты применения электротехнологий в процессах сушки зерновых материалов, которые позволяют снизить энергетические затраты на проведение процесса.

На рис. 1 представлено поперечное сечение бункера для хранения и вентилирования зерна. При загрузке зерно поступает в бункер таким образом, чтобы сначала загружалась наружная концентрическая вертикальная полость бункера. Поршнем 5 устанавливается уровень для осуществления вентиляции. Далее по очереди заполняются полости по направлению к центру бункера, что позволяет более интенсивно продувать зерно при его загрузке и на первом этапе сушки более равномерно просушить зерно по горизонтальному слою.

В процессе активного вентилирования быстрее высушивается вертикальный слой, расположенный ближе к центральному воздуховоду, а наружный слой остается более увлажненным. Предлагаемая конструкция позволяет реализовывать различные схемы сушки зерна в бункере. Так, более просушенный, или доведенный

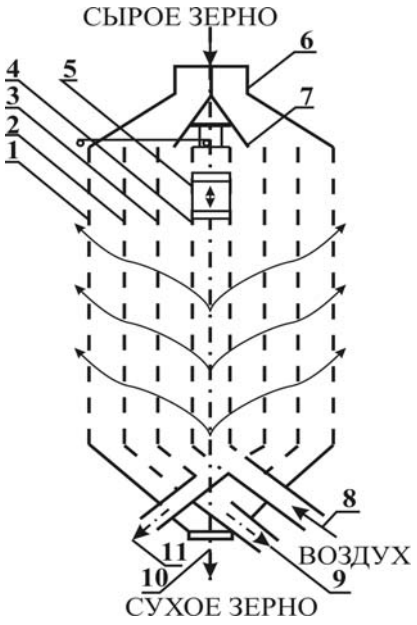


Рис. 1. Бункер для хранения и вентилирования зерна:
1 – наружная стенка бункера; 2, 3 – промежуточные стенки; 4 – воздухораспределитель; 5 – поршень; 6 – загрузочное отверстие; 7 – распределитель зерна; 8 – агент сушки; 9, 10, 11 – выпускные отверстия

до требуемой влажности, вертикальный слой зерна, расположенный ближе к центральному воздуховоду, выпускают через выгрузное отверстие 11 и направляют далее по технологической линии. Наиболее удаленный от воздуховода слой выгружают через отверстие 10 и вновь загружают в бункер, только во внутреннюю зону, расположенную возле воздуховода 4. Равные объемы вертикальных слоев позволяют одновременно и равномерно осуществлять и выпуск зерна из двух зон, и их заполнение. Во внешнюю зону загружают свежее зерно. При высыхании до заданной влажности зерна в средней зоне его выгружают из выпускного отверстия 9, а в освободившееся место загружают свежее зерно или зерно из внешней зоны. Изложенная технология сушки зерна по зонам бункера не является единственной. Технологические цепочки перемещения между собой вертикальных зерновых зон или загрузки свежего зерна в конкретную зону зависят от целей активного вентилирования или хранения зерна, разновидности оборудования в технологической линии послеуборочной обработки.

Другим вариантом совершенствования способа сушки зерна активным вентилированием является применение электромагнитных полей микроволнового диапазона. В этом случае перед загрузкой в бункер активного вентилирования зернистый материал подвергают воздействию СВЧ-поля, загружают в бункер и вентилируют заданное время, затем дозированно, порциями выпускают из бункера, контролируют его влажность. Зернистый материал, достигший заданной влажности, направляют на технологическую линию дальнейшей обработки, а влажный материал подвергают воздействию СВЧ-поля и направляют обратно в бункер на досушку. Процесс повторяется циклически, дополнительно введены операции, в которых зернистый материал выпускают из бункера по вертикальным зонам из различных выпускных устройств, материал, поступающий из двух разных вертикальных зон бункера, направляют в зону воздействия СВЧ-поля, там перемешивают и троекратно циклически воздействуют СВЧ-полем. Время воздействия полем в каждом цикле устанавливают таким, чтобы температура нагрева материала не превышала заданную величину, после первого и второго воздействий полем материал выдерживают в течение времени, необходимого для снижения температуры до заданного значения, после третьего воздействия полем зерно выдерживают требуемое время без всякого внешнего воздействия.

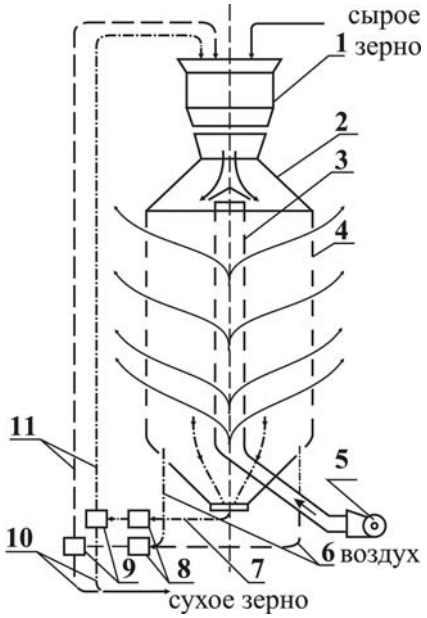


Рис. 2. Способ сушки активным вентилированием с применением поля СВЧ:
1 – СВЧ-активная зона; 2 – бункер активного вентилирования; 3 – центральный воздухо-вод; 4 – внешняя стенка; 5 – вентилятор; 6, 7 – потоки зерновой массы; 8, 9 – заслонки; 10 – поток сухого зерна; 11 – поток зерна на досушку

На рис. 2 приведена схема, поясняющая способ сушки. Сырое зерно подают в СВЧ-активную зону 1, где на него воздействуют полем СВЧ. Обработка полем СВЧ приводит к перемещению влаги в зерне от его центра к поверхности, что снижает затраты энергии на сушку и увеличивает скорость процесса. После обработки полем СВЧ материал подают в бункер активного вентилирования 2. Зерно распределяется между центральным перфорированным воздуховодом 3 и внешней перфорированной стенкой бункера 4. После частичного заполнения бункера воздухозапорный клапан, расположенный в центральном воздуховоде, устанавливают ниже верхней кромки зерна и начинают процесс вентилирования. Атмосферный или подогретый калорифером воздух подают в центральный воздуховод вентилятором 5. Оттуда, через зерновой слой по радиусу бункера, воздух движется к внешней стенке цилиндра 4.

Происходит вентилирование материала. При такой системе воздухораспределения значительная неравномерность влажности материала будет по радиальной толщине слоя. По истечении заданного времени вентилирования, когда подсушатся до требуемой влажности слои зерна, расположенные ближе к центральному воздуховоду, через выпускное устройство выходят из бункера вертикальные слои зерна, расположенные ближе к внешнему цилиндру. В реальных установках активного вентилирования это зависит от конструктивных особенностей бункера. В них может быть как несколько выпускных устройств, так и одно, к которому элементы конструкции бункера направляют вертикальные слои зерна, расположенные ближе к внешней стенке цилиндра. Одновременно начинают выпускать материал, расположенный ближе к центральному воздуховоду. Соотношение объемов выпускаемого влажного и подсушенного зерна зависит от исходной влажности материала, загруженного в бункер, влажности зерна возле центрального воздуховода, критерия управления процессом активного вентилирования. Влажность выпускаемого зерна измеряют с помощью влагомеров. Если она соответствует требуемой конечной влажности, то материал с помощью заслонок 9 направляют в линию сухого зерна 10 для последующей обработки. Зерно, требующее досушки 11, направляют в СВЧ-активную зону 1. Здесь зерно перемешивают, чтобы обеспечить равномерность обработки и по-высить ее эффективность. Одновременно с перемешиванием зернистый материал подвергают воздействию СВЧ-поля.

СВЧ на материал воздействуют троекратно. Время воздействия поля устанавливают таким, чтобы температура нагрева зерна не превысила требуемого значения. После первого и второго воздействий полем материал выдерживают в течение времени, необходимого для сни-жения температуры до заданного значения. В течение этого времени происходит перераспределение влаги между влажным и подсушенным зерном. Экспериментально установлено, что после третьего воздействия полем на материал температуры его влажной и сухой составляющей выравниваются. Это говорит о том, что произошло выравнивание влажности между компонентами материала. Для этого зерно выдерживают без всякого воздействия требуемое время. Процесс рециркуляции закончен. Из СВЧ-активной зоны 1 зернистый материал направляют в бункер активного вентилирования 2 для досушивания.

Примером варианта сушки с применением аэроионов может быть способ, структурная схема которого приведена на рис. 3. Способ осуществляется следующим образом: оператором выбирается один из реализуемых вариантов сушки, а именно минимальные энергозатраты или максимальная скорость сушки. Влажное зерно поступает по технологической линии в зону сушки 8, при этом датчиками 1 и 2 производится измерение температуры и влажности исходного зерна, подавая сигнал на регулятор нагревательного элемента 3. Посредством регулятора 3 на основании обработки сигналов с датчиков 1, 2, 4, 10, 14, 15, 16, а также реализуемого варианта сушки устанавливается мощность нагревательного элемента 5.

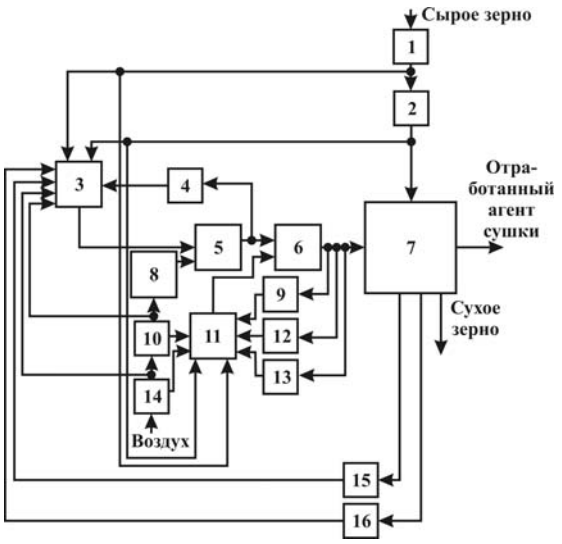


Рис. 3. Структурная схема сушки:
1 – датчик температуры исходного зерна, 2 – датчик влажности исходного зерна; 3 – регулятор нагревательного элемента; 4 – датчик температуры агента сушки; 5 – нагревательный элемент; 6 – ионизатор; 7 – зона сушки; 8 – вентилятор; 9 – датчик температуры агента сушки; 10 – датчик влажности наружного воздуха; 11 – блок, управляющий ионизатором; 12 – датчик влажности агента сушки; 13 – счетчик аэроионов; 14 – датчик температуры наружного воздуха; 15 – датчик температуры высушиваемого зерна; 16 – датчик влажности высушиваемого зерна

Наружный воздух поступает, нагнетаемый вентилятором 8 на нагревательный элемент 5, на выходе которого имеет температуру, требуемую для обеспечения технологического процесса и безопасную для осушаемого материала, при этом скорость движения агента сушки, а также направление движения также определяется технологическим процессом и реализуемым вариантом. На выходе нагревательного элемента 5 происходит контроль температуры агента сушки с помощью датчика 4, сигнал которого подается на регулятор нагревательного элемента 3, с помощью которого производится корректировка управляющего сигнала. После нагревателя подогретый агент сушки проходит в ионизатор 6, который регулируется управляющим блоком 11. После ионизатора происходит контроль температуры, влажности и концентрации аэроионов в агенте сушки с помощью датчиков 9, 12, 13. Блок 11 управляет ионизатором на основании сигналов, поступающих от датчиков 1, 2, 9, 10, 12, 13, 14, а также реализуемого варианта сушки. При этом включение ионизатора происходит циклически, а концентрация аэроионов во многом зависит от влажности агента сушки, напряжения разрядного промежутка, а также частоты следования импульсов. После ионизации агент сушки попадает в зону сушки 7, где проходит через слой осушаемого материала, далее отработанный агент сушки идет на утилизацию. После достижения кондиционной либо заданной влажности обработанное зерно поступает дальше на технологическую линию.

Реализуемые варианты сушки определяются температурой нагревания агента сушки, а также концентрацией аэроионов, но не могут нарушать технологические требования агента сушки (нагрев выше допустимых температур).

Применение электротехнологий во многом способствует решению вышеуказанных задач по сокращению времени, снижению энергоемкости процесса сушки, а также обеспечению сохранности урожая.

Литература

1. *Голубкович А.В.*, *Чижиков А.Г.* Сушка семян и зерна озоно-воздушной смесью // Техника в сельском хозяйстве. 2005. № 1.
2. *Васильев А.Н., Смирнов Б.Г.* Проверка эффективности применения поля СВЧ для интенсификации сушки зерна активным вентилированием // Переработка и хранение сельхозсырья. 2008. №7. С. 29-30.
3. *Будников Д.А.* Интенсификация сушки зерна активным вентилированием с использованием электромагнитного поля СВЧ. Автореф. дисс. … канд. техн. наук. Зерноград: АЧГАА, 2007. - 16 с.

УДК 621.822.004.67

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РАЗРАБОТКИ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Д-р техн. наук А.И. Некрасов, канд. техн. наук Ю.С. Борисов, А.А. Некрасов, асп. С.В. Марчевский (ГНУ ВИЭСХ)

После сравнительного анализа прейскурантов ведущих отечественных ремонтных предприятий и основных поставщиков новых электродвигателей на российский рынок методами статистической обработки получены соотношения стоимостей капитального ремонта и приобретения новых однотипных ЭД для разных вариантов ремонта.

Базовым вариантом принята совокупность ремонтных операций на большинстве ремонтных предприятий: разборка ЭД, дефектовка деталей, их очистка и промывка, извлечение сгоревшей статорной обмотки, намотка новой обмотки, пропитка лаком, сушка, испытания отремонтированного ЭД. Это обусловлено тем, что до 80% отказов ЭД приходится именно на обмотки и не более 20% - на подшипниковые узлы.

Предложены новые подходы и методы определения и прогнозирования ресурсов статорной обмотки и подшипниковых узлов короткозамкнутых ЭД до первого отказа.

Ключевые слова: *капитальный ремонт; асинхронный короткозамкнутый электродвигатель; статорная обмотка; подшипниковый узел.*

After benchmark analysis price-list leading domestic repair enterprise and the main supplier of the new electric motors on Russian market by methods statistical processing are received correlations of the cost of the heavy repair and acquisition new sister electric motors for miscellaneous variant repair.

The base variant is accepted collection repair operation on majority repair-enterprise: stripping electric motors, searching for defect details, their clear and washing, extraction burned; burned stator windings, new windings, soak bark, drying, test electric motor after repair. This is conditioned that that before 80% refusal electric motors happens to exactly on windings and not more than 20% - on bearings nodes.

They are offered new approaches and methods of the determination and forecastings resource stator windings and bearings nodes of short circuit-electric motors before the first refusal.

Keywords: *heavy repair; anisochronous short circuit-electric motors; stator winding; bearings nodes.*

В советское время сельское хозяйство испытывало острый дефицит поставок новых электродвигателей (ЭД). Поэтому товаропроизводители вынуждены были производить капитальный ремонт (КР) вышедших из строя ЭД даже по нескольку раз, несмотря на снижение их номинальных, надежностных и эксплуатационных характеристик при каждом ремонте. К тому же тогда существовали мощные ремонтные базы «Союзсельхозтехники» и «Госагропрома», а стоимость КР была приемлема для заказчиков. В настоящее время ремонтная база значительно ухудшилась, а система поставок новых ЭД улучшилась.

Нами проведен сравнительный анализ прейскурантов 17-ти ведущих отечественных ремонтных предприятий и 19-ти основных поставщиков новых ЭД на российский рынок – фирм-посредников по продаже и заводов-изготовителей России, Украины и Беларуси. При этом рассматривались ЭД серий 4А, АИР, АД и 5А исполнения по способу монтажа IP1081 и IP1082 мощностью 0,12–315 кВт и частотой вращения 750, 1000, 1500 и 3000 мин$^{-1}$. Статистической обработкой типовыми методами получены соотношения стоимостей капитального ремонта $C_к$ и новых C_0 однотипных ЭД для разных вариантов КР.

В качестве базового варианта принята совокупность ремонтных операций на большинстве ремонтных предприятий: разборка ЭД, дефектовка деталей, их очистка и промывка, извлечение сгоревшей статорной обмотки, намотка новой обмотки, пропитка лаком, сушка, испытания отремонтированного ЭД. Этот набор обусловлен тем, что до 80% отказов ЭД приходится именно на обмотки и не более 20% – на подшипниковые узлы. Повреждения клеммника, ротора, вентилятора, станины случаются редко. Все прейскуранты ремонтников относятся к базовому варианту КР асинхронных короткозамкнутых ЭД, который может включать некоторые дополнительные операции, например покраску. При необходимости в дополнительной ремонтной операции (динамическая балансировка ротора, ремонт подшипниковых узлов с распрессовкой статора и без нее, снятие и последующая установка на вал муфты, шкива, шестерни или звездочки, восстановление посадочных мест под подшипники, модернизация ЭД, встройка термодатчиков, ремонт ЭД многоскоростных, с фазным ротором, однофазных и устаревших серий и типов, срочность ремонта и др.) стоимость работ возрастает и учитывается введением повышающего коэффициента от 1,05 до 1,94 [1]. Если дефектовкой выявляется необходимость в нескольких дополнительных операциях, то ремонтники перемножают частные коэффициенты, и $C_к$ значительно возрастает.

Следует также учитывать транспортные расходы, доля которых в $C_к$ может достигать нескольких десятков процентов, поскольку ЭД доставляются в ремонт на расстояние до 180 км [2]. Гарантийные сроки службы разными ремонтными предприятиями указываются в 0,5 и 1 год, а заводами-изготовителями – 2 года. Ресурс капитально отремонтированных ЭД в 1,6–2 раза меньше, чем у новых. Установлены условия возможной рентабельности одного КР по базовому варианту по сравнению с приобретением нового такого же ЭД. С экономической точки зрения отношение $C_к/C_0$ не должно превышать 70%, с позиций надежности и других вариантов КР – ремонт нецелесообразен.

Нами предложены новые подходы и методы определения и прогнозирования ресурсов статорной обмотки и подшипниковых узлов короткозамкнутых ЭД до первого отказа. Имеется в виду, что отказавший ЭД рациональнее заменить на новый и утилизировать с предварительным извлечением из него исправных деталей. Для обмотки метод заключается в построении для разных реальных сочетаний основных эксплуатационных факторов (температуры и относительной влажности воздушной среды в месте установки ЭД, степени загрузки и числа пусков электропривода, загазованности и запыленности помещения) графических зависимостей изменения во времени электрического сопротивления изоляции обмотки [3]. Точки пересечения этих кривых с осью абсцисс отсекают на ней отрезки, равные ожидаемым полным ресурсам при том или ином комплексе эксплуатационных факторов. Построены 33 обобщающих (эквивалентных) кривых для всех возможных условий эксплуатации при разных значениях первоначального сопротивления изоляции (от 500 до 25000 МОм). Для подшипниковых узлов разных типов ЭД выявлены длительности работы подшипников качения и их посадочных мест до достижения изношенности трущихся поверхностей максимально допустимых значений [4]. При обосновании указанных параметров использованы результаты многолетних хозяйственных и лабораторных испытаний ЭД ВИЭСХом и его соисполнителями с использованием соответствующих технических средств (стенды, автоматизированные системы учета параметров, измерительные приборы и т.д.) и методов теории вероятностей и математической статистики.

В испытательных центрах нескольких заводов-изготовителей ЭД с привлечением их персонала по специальной методике определены соотношения температур нагрева в гнезде рым-болта и в лобовой части статорной обмотки, которая, как известно, подвергается наибольшим температурным воздействиям. Эти исследования проведены на ЭД серий 4А и АИР высотой оси вращения 132 – 315 мм. Электродвигатели габарита 132 мм выпускаются с классом нагревостойкости B и F. Результаты испытаний таких ЭД на класс B перенесены на ЭД меньших габаритов, не имеющих гнезда рым-болта, но допускающих при необходимости сверление отверстий нужной глубины (не касаясь пакета активной стали) в месте предполагаемого его размещения. Предложен способ контроля нагрева ЭД через гнездо рым-болта, разработан и изготовлен базовый вариант соответствующего устройства, который может использоваться и в качестве защиты от чрезмерного нагрева ЭД [5, 6]. Эти способ и устройство могут найти применение для ЭД габаритов 132 мм и более.

В дальнейшем планируется конкретизация перечисленных разработок для разных электрифицированных рабочих машин и механизмов, работающих автономно или в составе технологических линий на сельскохозпредприятиях разного типа.

Разработаны практические рекомендации прогнозированию и контролю технического состояния электродвигателей в сельскохозяйственном производстве, оценке остаточного ресурса электрооборудования в сельском хозяйстве [7].

Внедрение новых разработок по совершенствованию системы эксплуатации электродвигателей в сельскохозяйственном производстве обеспечит снижение аварийности, экономию эксплуатационных затрат и снижение ущербов от простоев технологического оборудования за счет повышения эксплуатационной надежности электрифицированной техники и стабильности выполнения технологических процессов.

Литература

1. *Борисов Ю.С., Некрасов А.А., Марчевский С.В*. Анализ стоимости капитального ремонта асинхронных электродвигателей // Сельский механизатор. 2012. № 4.
2. *Косенков Г.И.* Показатели ремонта асинхронных электродвигателей // НТБ по электрификации сельского хозяйства. М.: ВИЭСХ, 1988. – Вып. 2(63). С. 8-12.
3. *Борисов Ю.С., Некрасов А.А.* Прогнозирование сопротивления и ресурса изоляции обмоток электродвигателей // Техника в сельском хозяйстве. 2010. №3. С.10-13.
4. *Борисов Ю.С., Некрасов А.И., Некрасов А.А.* Анализ ресурса подшипниковых узлов электродвигателей, применяемых в сельскохозяйственном производстве // Вестник ВИЭСХ «Энергетика и электротехнологии в сельском хозяйстве». Вып. 1(4). М.: ГНУ ВИЭСХ, 2009. С. 107-114.
5. *Борисов Ю.С., Некрасов А.И., Некрасов А.А*. Контроль нагрева электродвигателей // Техника в сельском хозяйстве. 2011. № 5. С. 19-21.
6. Патент РФ № 2 409 884. Способ эксплуатационного контроля нагрева и защиты электродвигателей / Некрасов А.И., Некрасов А.А, Борисов Ю.С. и др. // БИ. 2011. № 2.
7. *Борисов Ю.С., Некрасов А.И., Некрасов А.А.* Методические рекомендации по прогнозированию и контролю технического состояния электродвигателей в сельскохозяйственном производстве. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2011. – 108 с.

УДК 621.311.004.2: 371:621.3

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ УСТАНОВОК В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

В.Т. Осипенко
(Брянская государственная сельскохозяйственная академия)

Комплексная безопасность электротехнических установок в сельском хозяйстве включает систему организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей и сельскохозяйственных животных от воздействия электрического тока, его проявлений (электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества) и от возникновения пожара, вызванного утечкой тока при повреждениях изоляции проводников. На основании анализа особенностей эксплуатации электроустановок в сельском хозяйстве разработан методический подход по последовательному решению задачи проектирования, оптимизации, испытаний и внедрения систем электробезопасности для объектов сельскохозяйственного производства.

Ключевые слова: *электротехническая установка; электробезопасность; устройство защитного отключения; электроустановка.*

Comprehensive security of electrical systems in agriculture includes a system of organizational and technical measures and means to ensure the protection of people and livestock from the effects of electric current, its manifestations (electric arc, electromagnetic fields and static electricity) and from a fire caused by the leakage current at damage to the insulation of conductors. Based on the analysis of electrical characteristics of operation in agriculture, developed a methodical approach to the successive solution of the problem of design, optimization, testing and implementation of electrical facilities for agricultural production.

Keywords: *electrical installation; electrical safety; residual current device; electrical installation.*

Развитие сельского хозяйства в российской экономике на современном этапе характеризуется широким применением различного рода электроустановок, электрифицированных машин, механизмов и электрического оборудования. Для обеспечения безопасной эксплуатации электроустановок необходимо разработать систему электрозащиты электротехнических средств.

Основными руководящими документами РФ в области электробезопасности являются Правила устройства электроустановок (ПУЭ) и Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭЭП) [1, 2], в том числе устанавливающие требования к **электроустановкам сельскохозяйственных и животноводческих помещений [3] и регламентирующие** базовый состав средств и мер обеспечения электробезопасности, разработанные на основании требований действующих законодательных актов, новых государственных стандартов и других нормативно-технических документов с учетом опыта эксплуатации электроустановок потребителей. Установленные в стандарте ГОСТ Р 50571.14-96 (МЭК 364-7-705-84) [3] требования к **электроустановкам сельскохозяйственных и животноводческих помещений** предусматривают обеспечение электробезопасности людей и сельскохозяйственных животных, а также предотвращение пожаров, обусловленных нарушением изоляции токоведущих частей электроустановок.

Сельскохозяйственные и животноводческие помещения обладают некоторыми особенностями, требующими эффективных технических электрозащитных мероприятий:

- специфические условия окружающей среды, имеющую повышенную влажность, запыленность, загазованность химически активными парами и газами;
- наличие сельскохозяйственных животных, более чувствительных к действию электрического напряжения, чем человек;
- необходимость защиты сельскохозяйственных животных не только от возможного прямого воздействия электротока, но и от электропатологии, выраженной в снижении продуктивности под воздействием безопасных для жизни весьма низких напряжений прикосновения;
- использование переносных и передвижных электроустановок;
- наиболее вероятная опасность - пожары, возникающую вследствие возгорания изоля-

ции проводников, электросиловых кабелей и коммутационных изделий из-за перегрузок силовых цепей, нарушения изоляции или ненадежного электрического контакта винтовых или зажимных соединителей.

Основными регламентирующими документами РФ в области электробезопасности задается базовый состав средств и мер, реализуемый в системах комплексной электрозащиты, основными из которых являются устройства защитного отключения (УЗО) и средства его контроля, датчики детектирования электрической дуги, устройства автоматического отключения питания, средства контроля уровней напряжения. Принцип действия УЗО как электрозащитного средства, основан на минимизации продолжительности протекания тока через тело человека или животного при прямом или косвенном прикосновении. Однако УЗО не сможет обеспечить защиту от нагрева проводников в местах некачественных соединений, а также возникновения искрения и электрической дуги, так как устройство сработает при появлении тока утечки (дифференциального тока), который возникнет уже после разрушения соединительных элементов или изоляции проводников и возможного возникновения пожара.

Рис. 1. Методический подход по последовательному решению задачи проектирования, оптимизации, испытаний и внедрения систем электробезопасности для объектов сельского хозяйства

Для идентификации места возникновения искрения и электрической дуги вследствие перегрева и возгорания, изоляции проводников, электросиловых кабелей и коммутационных изделий в силу перегрузки силовых цепей, нарушения изоляции или ненадежного электрического контакта винтовых либо зажимных соединителей используются устройства, размыкающих цепь в случае возникновения искрения и возгорание электрической дуги и предназначены для снижения воздействия горящей электрической дуги, приводящей в определенных условиях к возгоранию электроустановки [4]. Так, например, компанией «ЭвриКор» [5] разработано устройство «ИСКРА», определяющее аварийное горения дуги. В основу работы устройства положен анализ веса уровней гармонии высокочастотной области спектра тока.

Нами разработан методический подход по последовательному решению задачи проектирования, оптимизации, настройки, испытаний и внедрения систем электробезопасности для сельскохозяйственных объектов (рис. 1).

Этап проектирования включает анализ объектовых особенностей и типовых систем комплексной электрозащиты, в результате которого разрабатывается комплексная система электрозащиты объекта, включающая мероприятия по обеспечению защиты от поражения электрическим током во всем диапазоне объектовых особенностей.

На **этапе оптимизации** базовой системы комплексной электрозащиты разрабатывается модель всестороннего исследования режимов работы систем комплексной электробезопасности в сельском хозяйстве. Данная модель должна позволять проведение оптимизации структуры базовой модели вплоть до создания рабочей системы комплексной электробезопасности конкретного объекта сельского хозяйства с возможностью задания электрических возмущений, связанных с действием внутренних (электродуга) и внешних (электромагнитные помехи) возмущающих факторов.

Этап настройки включает монтаж рабочей системы комплексной электрозащиты на объекте и исследования по подтверждению достаточности и эффективности реализованных защитных мер.

Этап внедрения и испытаний проводится по известным методическим правилам для систем электробезопасности.

Таким образом, разработанный нами комплекс мероприятий по использованию системы электробезопасности для объектов сельского хозяйства позволяет рассматривать данную систему как сложную, состоящую из отдельных взаимосвязанных мероприятий с возможностью существенной оптимизации этой системы на базе использования средств специализированного моделирующего стенда.

Литература

1. Правила устройства электроустановок. 7-е изд. М.: Омега-Л, 2010.
2. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. М.: ЗАО «Энергосервис», 2003.
3. ГОСТ Р 50571.14-96 (МЭК 364-7-705-84). Электроустановки зданий. Часть 7. Требования к специальным электроустановкам. Раздел 705. Электроустановки сельскохозяйственных и животноводческих помещений.
4. *Монаков В.К.* УЗО. Теория и практика. М.: ЗАО «Энергосервис», 2007. – 368 с.
5. URL http://www.evrikor.ru/pages/primenenie-iskry.php (дата обращения 22.06.2012 г.).

УДК 621.391:631.242.42

ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ПОТОЧНЫХ ЛИНИЙ И ПАРАМЕТРОВ БЛОКА ДЕФЕКТАЦИИ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ

Канд. техн. наук Ю.И. Кириенко, д-р техн. наук А.М. Башилов
(ГНУ ВИЭСХ)

Обоснованы и представлены базовые технологические схемы поточных линий для сортирования картофеля и определен состав основных блоков и модулей. Определены конструкция и параметры ячеек в блоках дефектации и мойки клубней картофеля.

Ключевые слова: *картофелехранилище; калибрующий блок; дефектация; поточная линия блочно-модульной компоновки.*

In the article motivated and presented base technological schemes of the production lines for copmupования potatoes and is determined composition main block and modules. The certain design and parameters cell in block of searching for defect and washers of the club potatoes.

Keywords: *premises for keeping of the potatoes; the calibrating block; searching for defect; the production line block-module arrangement*

Технологические процессы в хранилищах направлены на подготовку продукции для реализации в торговой сети, на переработку, для семенных целей и кормопроизводства. Главный фактор – качество выходящей продукции. В этих условиях производительность и скорость подачи потоков в линиях являются вторичными факторами. Производительность линии должна согласовываться с объемами хранения, а также с условиями подачи на поточную линию и условиями затаривания продукции.

Известные объемы картофелехранилищ находятся в диапазоне от 2 тыс. до 10 тыс. т продукции. Причем, как правило, хранилища имеют секционный тип конструкций на 1000 или 1500 т. При производительности поточной линии 2-3 т/час дневная производительность составит 16-24 т/сут., ежемесячная 400-600 т. При осенне-зимне-весеннем цикле работы в течение 8 месяцев общая производительность товарной линии составит порядка 2400-3600 т при коэффициенте эксплуатации оборудования 0,8. При этом одна поточная линия по конструкции будет иметь технологическую ширину 400-450 мм и оптимальную энерго- и металлоемкость.

Калибрующий блок поточной линии основан на принципе разделения по ширине клубней (калибрование на профильных роликах): границы выделения фуражной фракции – 20-35 мм; границы отделения 1-ой фракции – 35-45 мм; границы отделения 2-ой фракции – 45-54 мм; границы отделения 3-ей фракции – 54-60 мм и граница для 4-ой крупной фракции – размер свыше 60 мм – сход потока с калибрующего блока [1, 2]. Для реализации технологических направлений подготовки картофеля разработано несколько схем компоновки поточных линий из блоков и модулей.

На рис. 1 приведена схема поточной линия блочно-модульной компоновки для подготовки двух семенных фракций картофеля; одновременно в ходе калибрования потока образуются фуражная и продовольственная фракции, клубни последней не подвергаются дефектации перед отправкой в торговую сеть. Площадь поточной линии – 96 м^2 (длина 8 м, ширина 12 м).

Ворох картофеля подается из приемного бункера траспортера 1 на калибрующий блок 2. Блок дефектации 4-1 с блоком мойки 3 служит для подготовки 2-й семенной фракции (размеры 45-54 мм) картофеля. Блок дефектации 4-2 с блоком мойки 3 служит для подготовки 1-й семенной фракции (размеры 35-45 мм) картофеля. Скаты-модули 6 служат для притормаживания потока, формирования однослойной подачи на блоки мойки 3 и блоки дефектации 4-1 и 4-2. Транспортеры-модули 5 снабжены моторбарабанами и служат для отвода фракций по технологической схеме. Каждая фракция поступает на блок 7 упаковки фракций.

На рис. 2 представлена схема поточной линии для подготовки картофеля, направляемого на переработку на продукты питания. Для этого 1-я и 2-я фракции направляются на блоки мойки и соответствующие блоки дефектации. 3-я и 4-я фракции объединяются и образуют фракцию продовольственного картофеля.

Схемы поточных линий для кормопроизводства образуются на основе объединения фуражной фракции и 1-й универсальной фракции, а также с использованием фракций отходов после блоков дефектации.

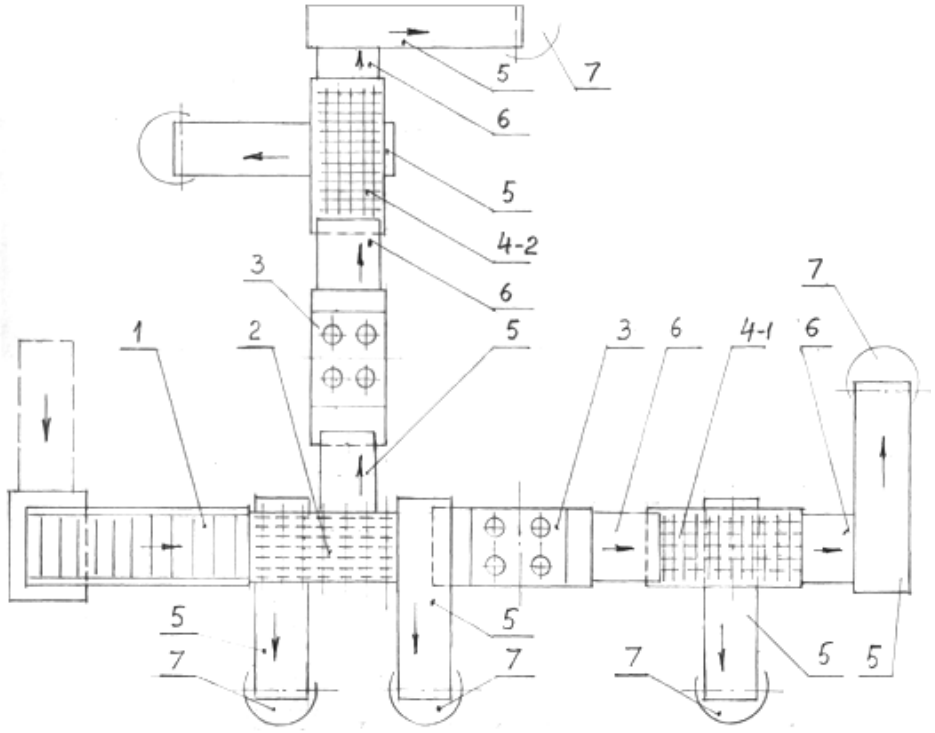


Рис. 1. Поточная линия блочно-модульной компоновки для подготовки семенных фракций картофеля:
1 – подъемный подающий блок-транспортер; 2 – калибрующий блок разделения на фракции; 3 – блок мойки поверхности клубней; 4-1, 4-2 – блоки дефектации клубней 1-й и 2-й фракции; 5 – транспортеры-модули переноса фракций; 6 – скаты-модули потока; 7 – блоки упаковки фракций

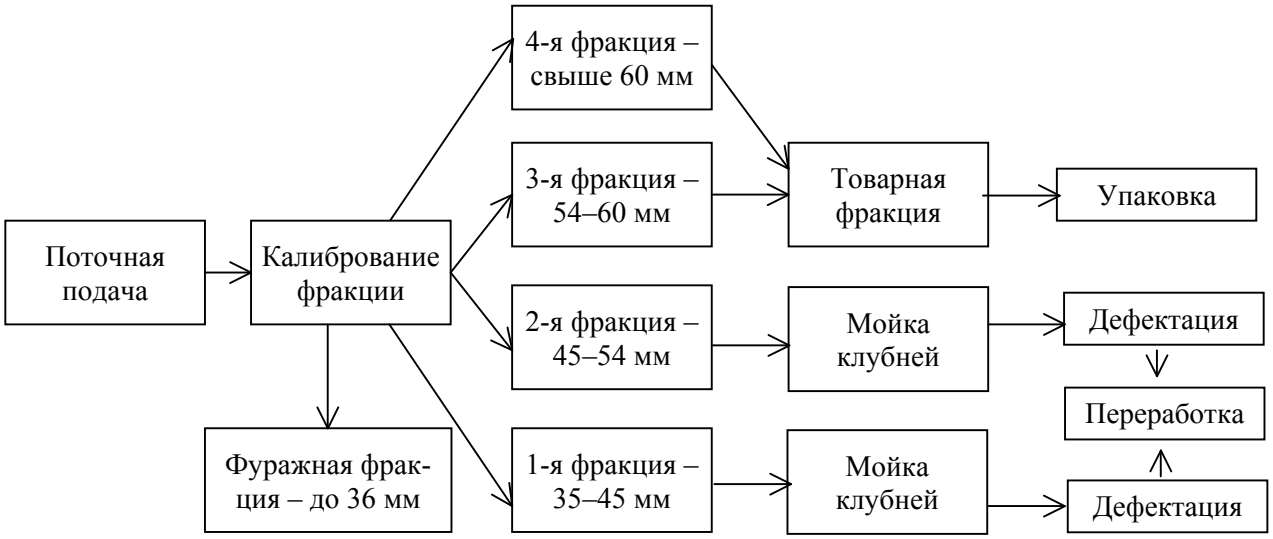


Рис. 2. Поточная линия для подготовки картофеля на переработку

Поточная линия (рис. 3) состоит из блока-транспортера 1 приема и подачи потока картофеля, каскадного калибрующего блока 2 разделения потока на фракции, роторного блока 3 мойки и сушки поверхности объектов, роторного блока 4 дефектации объектов, отводных транспортеров-модулей 5 для перемещения фракций, пульта управления 6 линии.

Блок-транспортер 1 состоит из приемного бункера 7, подъемника 8 и гасителя 9 скорости падения клубней. Каскадный калибрующий блок 2 состоит из модуля 10 отделения фуражной фракции из потока, блока 11 отделения 3-й фракции (54-60 мм) и крупной фракции (свыше 60 мм по ширине клубня), блока 12 выделения 1-й (35-45 мм) и 2-й (45-54 мм) универсальных фракций.

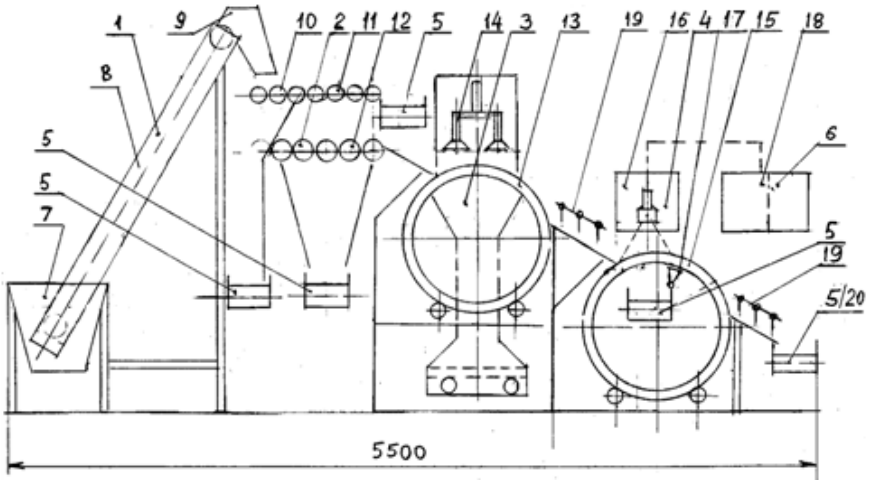


Рис. 3. Универсальная энергосберегающая поточная линия сортирования картофеля

Роторный блок мойки 3 состоит из вращающегося барабана 13, блока 14 опрыскивателя, блока приема воды и систем удаления примесей.

Роторный блок 4 дефектации объектов состоит из вращающегося барабана 15, блока распознавания 16, блока 17 удаления дефектных объектов и программного блока 18.

Скаты-модули 19 служат для снижения скорости падения объектов и формирования выровненного потока. На выходе блока дефектации установлен блок упаковки 5/20 кондиционной фракции.

Пульт управления содержит блоки 6 и 18 и служит для последовательного включения технологических блоков поточной линии и выключения по окончании работы.

Расчетные параметры блоков и модулей универсальной энергосберегающей поточной линии для сортирования картофеля

1. Блок-транспортер с приемным бункером, мощность привода 1,1 кВт, высота 1900 мм.
2. Калибрующий блок разделения потока на технологические фракции, мощность 1,1 кВт, ширина рабочих органов 450 мм.
3. Блок мойки клубней, мощность 1,1 кВт, ширина рабочих органов 450 мм, высота 1800 мм, расход воды 600 л/ч.
4. Скат-модуль, ширина рабочих органов 450 мм.
5. Роторный блок дефектации клубней, мощность 1,2 кВт, ширина рабочих органов 450 мм.
6. Траспортеры-модули фракций, ширина ленты 400-450 мм, длина 1800 мм, мощность привода 0,3 кВт (каждый).
7. Упаковочный блок производительностью до 800 кг/ч.

Для проектируемых блоков мойки и дефектации клубней обосновано применение энергосберегающих устройств роторного типа [3]. Для блоков дефектации роторного типа предлагается принять размер ячейки 55(60) мм × 55(60) мм для 1-й фракции (диапазон 35-45 мм), ячейки 65(70)мм × 65(70) мм для 2-й фракции (45-54 мм), ячейки 75(80) мм × 75(80)мм для 3-й фракции (54 мм × 60 мм). При этом исключается появление сдвоенных объектов в каждой ячейке ротора и создаются условия для вращения (переориентации) каждого объекта в ячейке. Конкретные кинематические и оптические параметры блока дефектации требуют специального исследования и обоснования.

Литература

1. *Кириенко Ю.И.* Систематизация размерно-массовых характеристик клубней картофеля // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. 1979. № 9.
2. *Кириенко Ю.И.* Анализ фракционного состава вороха клубней картофеля // Сборник научных трудов ВИСХОМ. М., 1982.
3. Решение о выдаче патента на изобретение от 21.10.2011 по заявке № 2010138697/13 (055283) от 21.09.2010. Устройство для дефектации объектов, преимущественно округло-овальной формы / Кириенко Ю.И., Башилов А.М., Башилов С.А.

УДК 631.371:621.311.4:62-63/-64

ПРИМЕНЕНИЕ ГАЗОТУРБИННЫХ ЭНЕРГОГЕНЕРАТОРОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Канд. техн. наук В.А. Гусаров, асп. Я.В. Кулагин
(ГНУ ВИЭСХ)

Основным источником электроснабжения сельских жилых домов, находящихся в районах, не имеющих централизованное электроснабжение, является дизельный или бензиновый генератор. Главными проблемами использования этих электростанций является их малый рабочий ресурс, высокая стоимость ремонта, строго нормированное топливо. ГНУ ВИЭСХ разработана система энергоснабжения потребителей на основе газотурбинного двигателя (ГТД), работающего на жидких и газообразных видах топлива, включая местное топливо.

Ключевые слова: *турбокомпрессор; генератор; газотурбинная электростанция.*

The main source of the supply rural vein houses, residing in region, not having site supply, is diesel or gasoline generator. The main problem use these power station is their small worker resource, high cost of the repair, strictly normalized fuel. The VIESH is designed system of the power supply of the consumers on base gas turbine engine, working at fluid and gaseous type fuel, including local fuel.

Keywords: *turbine compressor; the generator; gas turbine power station.*

В настоящее время в России и за границей наблюдается увеличение применения генераторов с ДВС для получения тепловой и электрической энергии [1, 2]. Эти автономные теплоэлектростанции (когенерационные установки) отвечают самым современным требованиям и имеют высокий КПД. Совместное производство тепла и электроэнергии возможно как при использовании газопоршневых двигателей, так и газовых турбин. Однако для энергоснабжения небольших односемейных сельских домов подобные установки до 10 – 15 кВт общей мощности на российском рынке отсутствуют.

Имеющиеся автономные когенерационные газотурбинные энергостанции (ГТЭ) чаще всего выполняются в виде модульных конструкций высокой степени готовности и имеют мощность, как минимум, 30 кВт. Модуль конструкции этих установок содержит газотурбинный двигатель, генератор, комплексное теплотехническое оборудование, включая теплоутилизатор выхлопа, звукоизолирующий кожух и систему автоматического управления.

В соответствии с существующими нормами газотурбинное энергетическое оборудование должно надёжно работать в течение 100 тыс. часов. Для основных агрегатов уже достигнут ресурс до первого капитального ремонта 40 – 50 тыс. часов. В общей сложности возможно 3 – 4 капитальных ремонта. Следовательно, полный рабочий ресурс составит примерно 160 – 200 тыс. часов. Учитывая, что двигатели когенерационных установок не всегда работают на полную расчетную мощность, реальный ресурс этих двигателей значительно больше.

По уровню шума газотурбинные энергостанции не превышают уровень дизельных и бензиновых электростанций. Установить газотурбинный генератор возможно в любом удобном месте. ГТЭ по габаритам, экономичности и металлоёмкости не достижима по сравнению с другими энергетическими установками [3]. Так, например, на 1 кВт мощности дизельного двигателя приходится на 3 – 7 кг веса двигателя, а на 1 кг веса газотурбинной энергетической установки приходится от 6 до 10 кВт мощности.

Газотурбинные электростанции для сельского жилого дома – это уменьшенные аналоги промышленных электростанций. Они могут работать на различных видах топлива: керосине, дизельном топливе, природном газе, биогазе (образованном как из отходов сельхозпроизводства, так и отходов сточных вод, мусорных свалок и т.п.), попутном нефтяном газе, шахтном газе, коксовом газе, древесном газе и др.

В сельских районах, где отсутствуют газовые и электрические коммуникации, применение когенерационных установок даёт возможность обеспечить частные жилые дома, фермерские хозяйства и предприятия сельскохозяйственного назначения электроэнергией и теплом.

В настоящее время на Российском рынке практически отсутствуют ГТЭ малой мощности российского производства, а имеющиеся зарубежные установки имеют очень высокую стоимость. Возможность получения одновременно

электроэнергии и тепла в пределах 10 – 20 кВт общей мощности могла бы существенно изменить быт и производственную деятельность сельского жителя.

В ГНУ ВИЭСХ разработана газотурбинная электростанция электрической мощностью 10 кВт с возможностью утилизации тепла выхлопных газов.

Блок-схема разрабатываемого турбогенератора ТК ВИЭСХ-2 приведена на рис. 1.

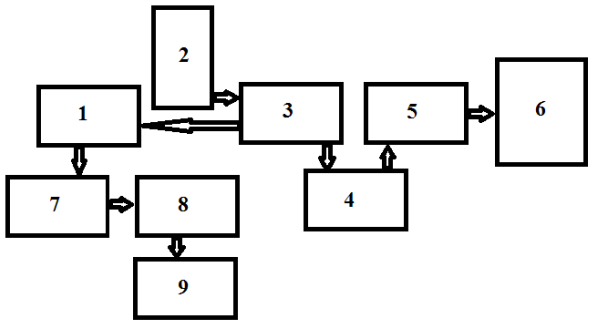


Рис. 1. Блок-схема газотурбинной энергостанции ТК ВИЭСХ-2:
1- генератор; 2 – электростартер-компрессор; 3 – рабочий компрессор; 4 – камера сгорания; 5 – рабочая турбина; 6- утилизатор тепла; 7 – зарядное устройство; 8 – аккумуляторная станция; 9 – инвертор

При необходимости ГТЭ могут вырабатывать дополнительное электричество за счёт когенерации, то есть за счёт преобразования получаемого тепла. Такие электрогенераторы называются электрогенераторами полного цикла.

Блок-схема электрогенератора полного цикла приведена на рис. 2.

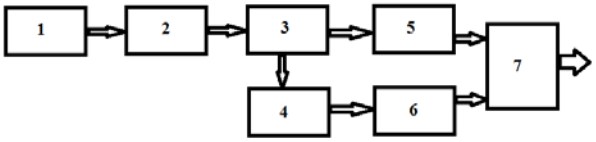


Рис. 2. Блок-схема газотурбинной энергостанции: 1 – компрессор; 2 – камера сгорания; 3 – рабочая турбина; 4 – утилизатор тепла – парообразователь; 5 – основной генератор; 6 – парогенератор; 7 – сумматор электрической мощности

Важным значением при разработке таких ГТЭ является то, что для его производства необходимо использовать узлы и агрегаты, выпускаемые промышленными предприятиями. Это позволит владельцу такой энергостанции, при необходимости, приобретать запасные части для ремонта в автомобильных магазинах, а учитывая простоту конструкции, своими силами производить ремонт. В экспериментальной ГТЭ в качестве основных узлов двигателя используются автомобильные турбокомпрессор и масляный насос. Эти узлы выпускаются российскими предприятиями (рис. 3).

Изготовлен первый рабочий образец газотурбинного двигателя, где в качестве силовой установки используется турбокомпрессор ТКР-8,5 С – 1 (рис. 3).

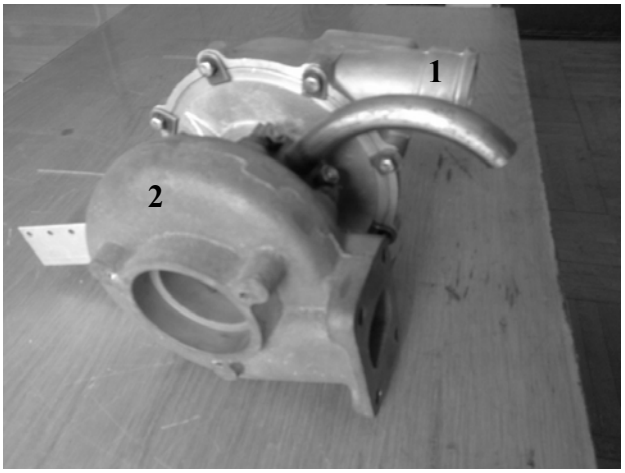


Рис. 3. Автомобильный турбокомпрессор ТКР-8,5 С – 1:
1 – компрессор; 2 - турбина

Произведённые испытания работы двигателя подтвердили надёжность выбранной конструкции, отмечена его лёгкость в запуске, устойчивость в работе, удачные тепловые режимы. Испытания позволили определить технические параметры двигателя.

Техническая характеристика двигателя ТК ВИЭСХ-2:

Номинальная частота вращения вала (без нагрузки)	~ 35000 об$^{-1}$
Температура выхлопных газов	~ 750 ºС
Расход топлива	~ 1,2 кг/час
Цвет выхлопа	– сине-жёлтый
Температура масла	~ 130 – 140 ºС

Сложной задачей, связанной с высокой частотой вращения двигателя, является разработка узла сопряжения механической передачи вращающего момента от двигателя генератору.

Так как расчётная частота вращения вала двигателя достигает 35000 об$^{-1}$, для обеспечения надёжности конструкции вращающий момент от двигателя генератору передаётся без редуктора. Для этого используется рабочий орган «двигатель – генератор» с единым валом. Заданные

параметры рабочего напряжения обеспечиваются электронным методом.

Одной из новаторских разработок ГНУ ВИЭСХ является разработка линий с однопроводниковой передачей электроэнергии. Эти линии позволяют передавать электроэнергию по одному проводу значительно меньшего сечения стандартных линий на большие расстояния практически без потерь. Для обеспечения однопроводниковой линии первичной энергией в составе с газотурбинной установкой необходимо установить высокочастотный генератор. Научным работником института канд. техн. наук П.А. Кунцевичем, в качестве эксперимента, предложен проект генератора расчётной мощности – 4 кВт. При расчётной частоте вращения генератора 30000 – 35000 об$^{-1}$ частота импульсов составляет ~ 4,0 кГц, а расчётное напряжение – 380 В. Эти параметры будут достигнуты путём применения 14-ти полюсного ротора на постоянных магнитах. Использование подобного генератора позволит исключить из электрической схемы однопроводниковой линии один из самых сложных узлов – генератор частоты высокой мощности.

Схема устройства генератора приведена на рис. 4.

В генераторе применена схема с использованием семи кольцевых магнитов d=36 мм диаметрального намагничивания, установленных на вал ротора с угловым смещением ~ 51°26' относительно друг друга. Использование недорогих ГТЭ малой мощности позволит сельскохозяйственному потребителю существенно улучшить

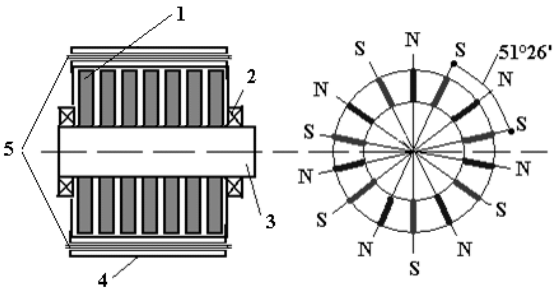


Рис. 4. Схема устройства генератора: 1- кольцевые магниты; 2 – подшипники; 3 – вал ротора; 4 – ферритовый статор; 5 – обмотка статора

бытовые условия, одновременно получить и тепловую и электрическую энергию в тех пропорциях, которые ему необходимы.

Использование выпускаемых отечественной промышленностью узлов, агрегатов и деталей при производстве этих систем обеспечивает их низкую себестоимость. Увеличенный ресурс работы до капитальных ремонтов и возможность производства нескольких капитальных ремонтов, без существенных затрат, значительно сокращает сроки окупаемости.

Литература

1. *Гусаров В.А., Заддэ В.В.* Сглаживание нагрузки в системе электропитания // Коммунальный комплекс России. 2008. № 3. С. 10 – 12.
2. *Гусаров В.А., Харитонов В.П., Абрамов Н.Д.* Дачникам и фермерам // Коммунальный комплекс России. 2007. № 12. С. 48 – 51.
3. *Уваров В.В.* Газовые турбины и газотурбинные установки. М.: Высшая школа, 1970. С. 224.

УДК 614.48:001.57:631.243.3

ОБРАБОТКА ОЗОНОВОЗДУШНЫМИ СМЕСЯМИ ЗЕРНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Канд. техн. наук А.Ф. Першин, асп. К.В. Богданов, асп. А.А. Смирнов (ГНУ ВИЭСХ)

Приведены экспериментальные результаты обработки озоновоздушной смесью некоторых пищевых продуктов. Показано, что стационарный слой обрабатывается озоновоздушной смесью крайне неравномерно.

Ключевые слова: *озон, обработка зерна, адсорбция, хемосорбция.*

In the article brought experimental results of the processing by mixture of the air with ozone of some food-stuffs. It is shown that stationary layer is processed by mixture of the air with ozone extremely unevenly.

Keywords*: ozone, processing grain, adsorption, hemosorption.*

В последнее время в сельскохозяйственном производстве усиливается интерес к озону как эффективному реагенту, обладающему высокими бактерицидными свойствами и при этом обеспечивающему экологическую чистоту и безотходность процессов. Экономическая эффективность применения озона также очень высока и значительно превосходит другие препараты. Так можно отметить технологию сушки зерна с применением озона [1, 2] или предпосевную обработку зерна [3, 4]. Однако при применении этих технологий в традиционном исполнении имеются некоторые недостатки и, прежде всего, это неравномерность обработки зерна озоном по высоте слоя. Этот эффект особенно значителен при применении озона из-за его специфического характера – способности к саморазложению, усиливающемуся при контакте с поверхностью. И чем больше площадь этой поверхности, тем более значителен этот эффект [5]. Естественно, возникает необходимость оценки этого эффекта, тем более что высота обрабатываемого слоя зерна достигает 1,5 м, а время обработки – десятков часов [4]. Для этой цели был проведен эксперимент, заключающийся в измерении концентрации озона по высоте слоя при прохождении озоновоздушной смеси.

Озоновоздушная смесь из озонатора вентилятором подавалась в колонку, которая состояла из семи одинаковых модулей. Каждый модуль содержал одинаковое количество зернистого материала, располагавшегося на мелкой сетке, с ячейками 2×2 мм. За каждым слоем располагался штуцер пробоотборника, который на время измерения подключался к озонометру. Остальное время он был заглушен.

Концентрация озона изменялась регулированием электрического режима озонатора. Расход озоновоздушной смеси (ОВС) через колонку создавался вентилятором и регулировался ЛАТРом. Расход ОВС выбирался достаточно большим (до 140 $м^3$/ч), с тем, чтобы отбор озоновоздушной смеси в озонометр не влиял на измерения. Для устранения попадания озона в помещение в верхней части колонки был установлен деструктор озона. Общая высота слоя составляла 240–280 мм, диаметр колонки – 97 мм. Высота каждого модуля составляла 100 мм. Для равномерного распределения озоновоздушной смеси по сечению колонки, в нижней части был установлен рассекатель.

На рис. 1 представлены результаты одного из опытов.

Горох и галька были выбраны из-за близких размеров этих материалов, так что гидродинамические условия в слое были практически одинаковы.

Предполагалось, что с течением времени концентрация озона по высоте слоя будет выравниваться. В таком случае для расчета времени контактирования можно будет применять методику расчета адсорбционных аппаратов [6].

Поэтому была проведена серия экспериментов по измерению концентрации озона по высоте слоя во времени.

Из полученной зависимости видно (рис. 2), что имеется тенденция к выравниванию концентрации, но выравнивания ее не происходит. Более резкое уменьшение концентрации озона в течение первой минуты объясняется адсорбцией его в порах. В дальнейшем по завершению адсорбции концентрацию озона по высоте слоя можно считать постоянной и неизменной во времени.

Для оценки адсорбционных свойств испытуемых материалов схема эксперимента

была немного изменена. Для этого использовался только один модуль экспериментальной установки со значительным уменьшением свободного объема над слоем зернистого материала. В этом случае изменение концентрации озона в результате смешения остаточного и поступающего из слоя будет меньше влиять на результат.

Рис. 1. Изменение концентрации озона по высоте слоя (по точкам отбора проб) для шлифованной гальки и гороха

Рис. 2. Изменение концентрации озона по высоте слоя зернистого материала (горох) с течением времени

Известно, что процесс адсорбции экзотермичен и протекает достаточно быстро. Поэтому будем считать, что основная часть озона адсорбируется при первом прохождении озоновоздушной смеси через слой. Дальнейшее изменение концентрации озона на выходе из слоя зависит от хемосорбционных процессов (химического взаимодействия озона) и разложения его на обрабатываемом материале. В таком случае время адсорбции озона (основная часть озона) в зернистом слое составляет не более двух-трех десятков секунд, что видно из рис. 3. При очередном прохождении озоновоздушной смеси через слой концентрация ее на выходе повышается и достигает практически постоянной величины после 3-4 раза. Разность значений концентрации между входом и выходом озона из модуля – это суммарное количество озона, адсорбированного слоем, вступившим в реакцию с материалом зернистого слоя и разложившимся на нем.

На рис. 4 представлена зависимость изменения концентрации озона при обработке семян пшена: хорошо видно, что после 9-й минуты концентрация озона на выходе из слоя снижается, что объясняется увеличением хемосорбции при диффузии озона через оболочку.

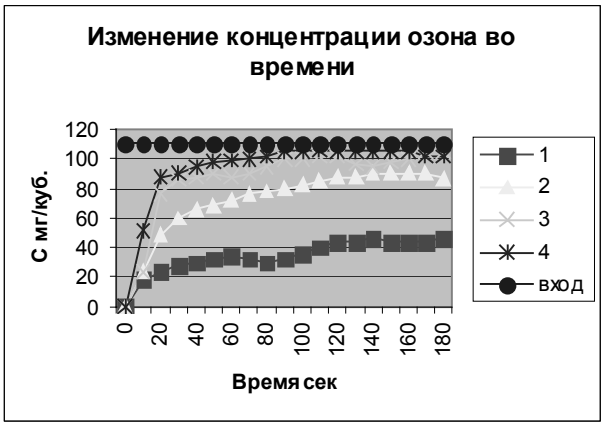


Рис. 3. Изменение концентрации озона во времени при очередном пропуске озоновоздушной смеси через слой зернистого материала (рисовая крупа) – в течение 3 минут

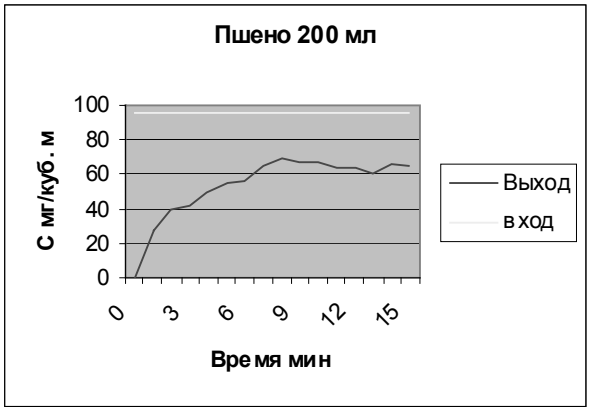


Рис. 4. Изменение концентрации озона во времени на входе и выходе из слоя зернистого материала (пшено)

Озон, адсорбированный в слое и содержащийся в межзерновом пространстве, воздействует на микрофлору, находящуюся на поверхности зерен в течение длительного во времени.

Таким образом, процесс обработки озоном зерна и зернопродуктов нельзя проводить в стационарном слое из-за неравномерности обработки слоя по высоте и наличия процессов хемосорбции, протекающих в слое при достаточно большом времени обработки.

Обработку необходимо проводить в подвижном слое и как можно быстрее в течение нескольких минут, для чего необходимо разработать технические средства, обеспечивающие максимальную поверхность контакта озоновоздушной смеси и объекта обработки.

Литература

1. *Троцкая Т.П.* Энергосберегающая технология сушки сельскохозяйственных материалов в озоно-воздушной среде. Препринт БелНИИСХ. Минск, 1997. - 75 с.
2. *Корса-Вавилова Е.В., Пуресев Н.И., Ткаченко С.Н.* Эффективность применения озоновых инновационных технологий на предприятиях агропромышленного комплекса. // Материалы 31-го Всероссийского семинара «Озон и другие экологически чистые окислители. Наука и технологии». М.: МГУ, Химфак, 2000. С. 46-61.
3. *Васильчук Н.С., Эпштейн В.А.* Влияние предпосевной обработки семян системными протравителями и озоном на начальные ростовые процессы и продуктивность озимой пшеницы // «Вестник СГАУ им. Н.И. Вавилова». Саратов, 2007. №2. С. 70-71.
4. *Шестерин И.В.* Влияние озона и протравителей на посевные качества и оздоровление яровой пшеницы. Автореф. дисс. … канд. сель-хоз. наук. Саратов, 2004.
5. *Ткаченко С.Н.* Гомогенное и гетерогенное разложение озона. Автореф. дисс. … д-ра хим. наук. М.: МГУ, 2004. С. 26.
6. *Касаткин А.Г.* Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1973. С. 568-571.

УДК 631.171:65.011.56:636.5

УСТРАНЕНИЕ МЕТОДИЧЕСКОЙ ПОГРЕШНОСТИ ОБЪЕМНОГО ДОЗИРОВАНИЯ СМЕСЕЙ ПРИ ПОЕНИИ И КОРМЛЕНИИ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

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

Рассматривается автоматизация технологий в птицеводстве. Производство осуществляется в автоматизированном режиме по технико-экономическому критерию. Для наивысшей продуктивности птицы или животных необходимо непрерывно во время выращивания поголовья изменять суточные дозы кормовых смесей и питьевых лекарственных растворов с различными составами.

Ключевые слова: *автоматизация; птицеводство; технико-экономический критерий; жидкие кормовые смеси; дозирование.*

In the article the autor say about automatisation technologies in poultry houses. Manufacturing is carried out in the automated mode by tehnical and economic criterion. For the top productivity of the bird or animal necessary continuously during growing live-stocks to change the day allowance of the dose of the stern mixtures and drinking medicinal solution with different composition.

Keywords: *automatisation technologies; poultry houses; tehnical and economic criterion; dosage.*

В сельском хозяйстве распространены процессы дозирования жидких и полужидких смесей со случайно изменяющимся во времени и неконтролируемым качественным составом при поении и кормлении сельскохозяйственных животных и птицы, поскольку многие витаминные добавки и лекарства доставляются к поголовью не только в составе кормов, но и в составе жидких и полужидких смесей.

Известны многочисленные способы контроля уровня жидкости и ее дозирования [1, 2, 3]. Недостатками их обычно являются невозможность непрерывного измерения уровня жидкости с высокой точностью, соответственно низкая точность дозирования произвольных по значению порций жидких и полужидких смесей. Актуальной научно-технической задачей является повышение точности контроля уровня и управления дозированием жидких и полужидких смесей в сельском хозяйстве, преимущественно в птицеводстве и животноводстве. В результате решения этой задачи с высокой точностью автоматически определяется контролируемое значение уровня и осуществляется управление объемным дозированием жидких и полужидких смесей с изменяющимся и неконтролируемым качественным составом. Устанавливаются и автоматически обеспечиваются такие значения дозы кормовой или питьевой смеси, при которых в соответствии с зоотехническими нормативами достигается наивысший на данный момент времени прирост сельскохозяйственной продукции от действия кормления и поения животных или птицы жидкими и полужидкими смесями.

Для достижения наивысшей продуктивности птицы и животных необходимо практически непрерывно во время выращивания поголовья изменять суточные дозы кормовых смесей и питьевых лекарственных растворов с различными составами. При использовании индукционных расходомеров и аналогичных поточных дозаторов коррекция их выходных измерительных сигналов для текучих сред с различающимися друг от друга физико-химическими и соответственно электромагнитными свойствами чрезвычайно затруднена. При применении обычных объемных дозирующих устройств возникающие в отсутствие автоматической коррекции сигнала требуемой дозы для разных жидкостей и смесей проблемы сопряжены либо с большими ошибками дозирования, либо со значительными трудозатратами при перенастройке оборудования. Поэтому в предлагаемом решении [2] в каждом цикле заполнения резервуара со смесью определяются ее электропроводные свойства, и уровень смеси сопоставляется с измерительным сигналом в соответствии с определенными свойствами смеси, заполнившей резервуар в начале данного цикле дозирования смеси птице и животным. Заполнение резервуара смесью осуществляется посредством насоса, подающего смесь в заливной трубопровод резервуара (рис. 1).

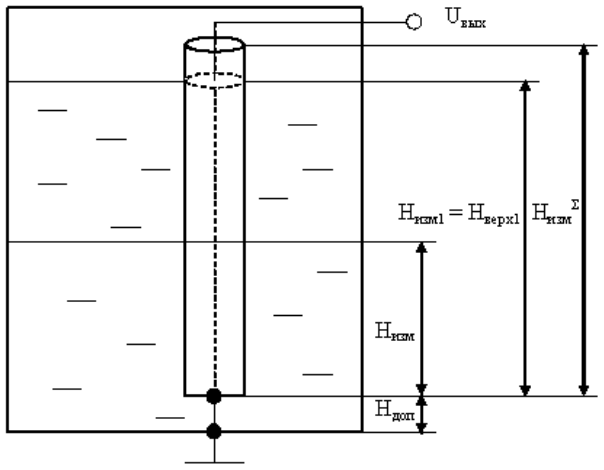


Рис. 1. Схема резервуара с емкостным датчиком уровня:

$U_{вых}$ – напряжение электрического сигнала с емкостного датчика уровня; $H_{изм}^{\Sigma}$ – наибольший диапазон возможных значений измеряемых уровней смеси; $H_{верх1} = H_{изм1}$ – заданное и измеренное значение верхнего уровня смеси; $H_{изм}$ – текущее во времени измеряемое и контролируемое значение уровня смеси; $H_{доп}$ – неконтролируемый диапазон уровней смеси в конкретной конструкции резервуара

Дозирование производится посредством открывания и закрывания заслонки, размещенной в сливном трубопроводе резервуара. Функционально насос и заслонка объединены в блоке насоса и заслонки. Включенное или выключенное состояние насоса, открытое или закрытое состояние сливной заслонки определяется режимом работы блока управления насосом и заслонкой. Значение высоты верхнего уровня по отношению к принятому нижнему краю емкостного датчика уровня известно.

В момент достижения смесью датчика верхнего уровня устройства определяется и запоминается на все время предстоящего цикла опорожнения резервуара значение (рис. 2) соответствующего электрического сигнала $U_{изм1}$ (В) и вычисленное произведение его на значение высоты верхнего уровня $H_{верх1}$ (м), т.е. произведение ($H_{верх1} \times U_{изм1}$). Для сигнала переменного электрического тока большее заполнение измерительной емкости смесью приводит к снижению диэлектрической проницаемости измерительного емкостного промежутка и к соответствующему уменьшению амплитуды электрических колебаний $U_{изм}$. Измеряемый уровень $H_{изм}$:

$$H_{изм} = (H_{верх1} \times U_{изм1})/U_{изм}. \qquad (1)$$

При задании объемной дозы Д, м^3, приходится определять верхний (начальный) и нижний (конечный) расчетные уровни смеси, когда эта доза покинет резервуар с внутренней площадью горизонтального сечения $C_{рез}$ (м^2):

$$K_{зад} = H_{нач} \times C_{рез} - H_{кон} \times C_{рез}, \qquad (2)$$

$$H_{кон} \times C_{рез} = H_{нач} \times C_{рез} - K_{зад}, \qquad (3)$$

$$H_{кон} = H_{нач} - K_{зад}/C_{рез}. \qquad (4)$$

Когда скорректированный в зависимости от состава смеси измеряемый при расходовании смеси сигнал уровня $H_{изм}$ станет равным $H_{кон}$, дозирование прекращается.

Устройство (рис. 3) работает следующим образом. При изменении уровня смеси изменяется емкостная нагрузка генератора электрических колебаний 6 и соответственно изменяется входной сигнал преобразователя сигнала 7. Амплитуда этого сигнала обратно пропорциональна уровню смеси, поскольку с увеличением объема смеси в измерительном конденсаторе (на измерительной емкости) падает диэлектрическая проницаемость и уменьшается емкостное сопротивление емкостной датчик уровня смеси 3. Преобразователь сигнала 7, например, аналого-цифровой преобразователь формирует принимаемый вычислительным блоком 13 на его первом входе измерительный сигнал уровня смеси. Резервуар 1 наполняется смесью посредством насоса, включаемого с помощью блока управления насосом и заслонкой 8, когда на его второй вход поступает сигнал частичного и существенного опорожнения резервуара 1 и почти полного освобождения от смеси внутреннего пространства емкостного датчика уровня смеси 3 от датчика нижнего уровня смеси 5. Состояние заполнения резервуара 1 и внутреннего пространства емкостного датчика уровня смеси 3 определяется выбором положения по высоте установки датчика нижнего уровня смеси 5.

Сигнал датчика верхнего уровня смеси 4 разрешает прохождение через селектор 11 измерительного нормирующего сигнала уровня смеси на высоте размещения датчика верхнего уровня смеси 4 и обеспечивает выключение насоса, функционально входящего в блок насоса и заслонки 9 и подающего смесь в резервуар 1, посредством блока управления насосом и заслонкой 8. При появлении сигналов начала дозирования от датчика верхнего уровня смеси 4 или от компаратора 14 происходит прохождение на второй вход вычислительного блока 13 нормирующего измерительного сигнала уровня

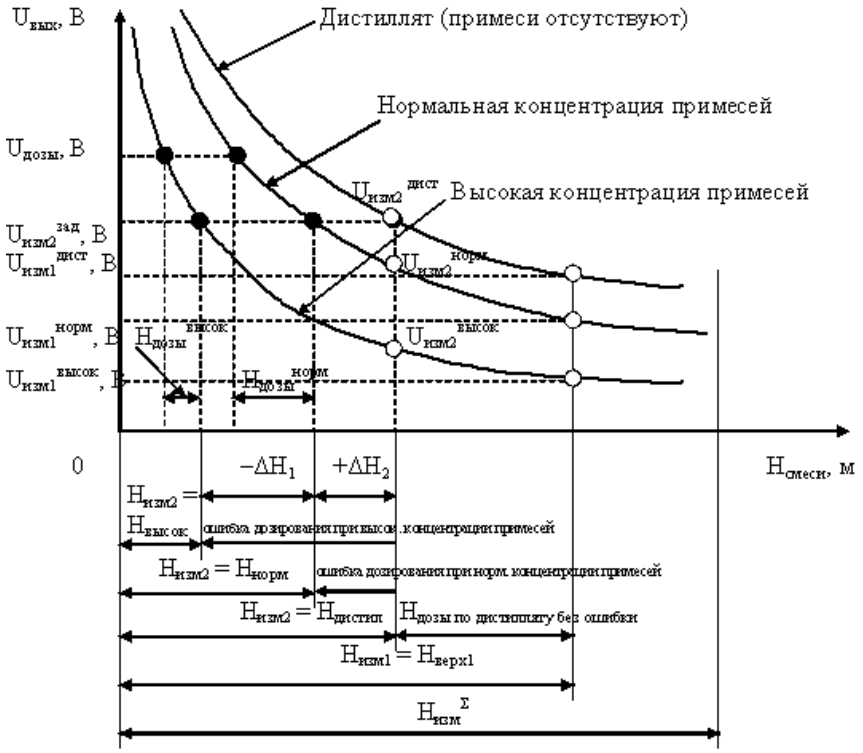


Рис. 2. Графическая интерпретация зависимостей выходного сигнала емкостного датчика уровня от уровня жидких и полужидких смесей с различающимися электропроводными свойствами:

$-\Delta H_1$ и $+\Delta H_2$ – ошибки измерения и контроля уровней различных по составу смесей $H_{смеси}$ при настройке только на режим дозирования смеси с нормальной концентрацией примесей; явное различие по величине доз при нормальной концентрации примесей $H_{дозы}^{норм}$ и при высокой концентрации примесей $H_{дозы}^{высок}$ в процессе дозирования по сигналам $U_{изм2}^{зад}$ и $U_{дозы}$ без коррекции измерительных сигналов при различных по составу смесях в соответствии с различающимися электропроводными свойствами этих смесей; точные значения уровней смесей с высокой концентрации примесей $H_{высок}$, с нормальной концентрацией примесей $H_{норм}$, дистиллированной жидкости $H_{дистил}$ при одном и том же значении измерительного сигнала $U_{изм2}^{зад}$

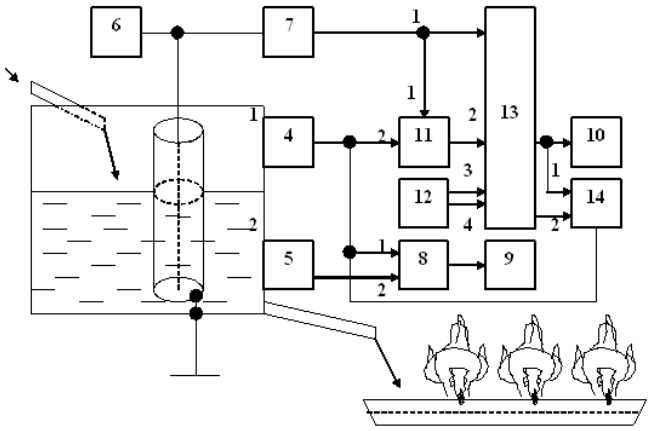


Рис. 3. Устройство контроля уровня жидких и полужидких смесей и управления их объемным дозированием в сельском хозяйстве, преимущественно в птицеводстве и животноводстве:

1 – резервуар; 2 – жидкая или полужидкая смесь; 3 – емкостной датчик уровня; 4 – датчик верхнего уровня; 5 – датчик нижнего уровня; 6 – генератор электрических колебаний. На его выходе последовательно включен разделительный конденсатор для емкостной развязки; 7 – преобразователь сигнала. На его входе последовательно включен разделительный конденсатор для емкостной развязки; 8 – блок управления насосом и заслонкой; 9 – блок насоса и заслонки; 10 – индикатор измеренного уровня смеси; 11 – селектор; 12 – блок задатчиков сигналов верхнего измеряемого уровня смеси, дозы смеси и момента времени начала очередного дозирования; 13 – вычислительный блок; 14 – компаратор

смеси в момент времени начала очередного дозирования смеси. В блоке насоса и заслонки 9 в этот момент времени открывается заслонка. Вычислительный блок 6 по данным измерений формирует сигналы величин измеряемого уровня $H_{изм}$ и расчетного нижнего (конечного) уровня смеси. Первый сигнал на первом выходе вычислительного блока 6 индицируется для персонала сельскохозяйственного предприятия в индикаторе измеренного уровня смеси 10 и используется для сравнения в компараторе 14. Второй сигнал на втором выходе вычислительного блока 6 также используется при его сравнении в компараторе 14 для выработки сигнала прекращения дозирования посредством блока управления насосом и заслонкой 8 и блока насоса и заслонки 9. Этот сигнал в момент времени его формирования в компараторе 14 может также производить нормирование измерительного сигнала путем разрешения прохождения его через селектор 11 при произвольном положении уровня смеси в процессе дозирования. В блоке насоса и заслонки 9 в этот момент времени закрывается заслонка. Управление процессом объемного дозирования жидких и полужидких смесей происходит с высокой точностью независимо от электропроводных свойств смесей и, соответственно, от их качественного состава.

Таким образом, расширяются также и функциональные возможности предложенного решения автоматизации, поскольку при этом обеспечивается автоматическая адаптация к качественному составу жидких и полужидких смесей, в результате чего значительно повышается точность контроля уровня жидких и полужидких смесей и управления их объемным дозированием в сельском хозяйстве, преимущественно в птицеводстве и животноводстве. Поэтому появляется практическая возможность дополнительного управления продуктивностью птицы и животных за счет высокоточного управляемого по установленным зоотехническим нормативам дозирования жидких и полужидких питьевых и кормовых смесей в сельском хозяйстве, преимущественно в птицеводстве и животноводстве в автоматизированных производственных комплексах [3].

Литература

1. Справочник радиолюбителя-конструктора. – М.: Энергия, 1978. – 752 с. С.434.
2. Патент РФ № 2414396. Способ и устройство контроля уровня жидких и полужидких смесей и управления их объемным дозированием в сельском хозяйстве, преимущественно в птицеводстве и животноводстве /А.В. Дубровин // БИ. 2011. №8.
3. Патент РФ № 2423826. Комплекс безотходного птицеводства и свиноводства с собственным производством кормов и энергии /А.В. Дубровин и др. //БИ. 2011. №20.

УДК 621.365:621.35

УСТРОЙСТВА АККУМУЛЯЦИОННОГО ТИПА ДЛЯ НАГРЕВА ВОЗДУХА

Асп. С.Н. Дудин, канд. техн. наук Д.А. Тихомиров
(ГНУ ВИЭСХ)

Эффективность применения электроэнергии в технологических процессах теплообеспечения различных объектов сельскохозяйственного производства может быть значительно увеличена за счет ее использования в часы действия пониженного тарифа. В статье показана актуальность применения аккумуляционных систем, способствующих заполнению «провалов» суточного графика потребления электроэнергии. Показаны особенности помещений ферм как объектов теплообеспечения. Представлена характеристика электроотопительных приборов с аккумулированием по способу теплоотдачи. Приведен обзор теплоаккумулирующего оборудования, выпускаемого ранее, и предназначенного для сельскохозяйственного производства, а также обозначены перспективы и направления дальнейшего развития.

Ключевые слова: *аккумуляторы теплоты, многотарифный учет электроэнергии, теплоемкость.*

Efficiency of application of the electric power in technological processes of a heat supply of various objects of an agricultural production can be considerably increased due to its use at time of the lowered tariff. In the article is shown the urgency of application of the accumulative systems promoting filling «failures» of the daily schedule of a current consumption. Features of premises of farms are shown as objects of a heat supply. The characteristic of electroheating devices with accumulation on a way of feedback of heat is submitted. The review of the heat-sink equipment which is released earlier, and intended for an agricultural production is resulted, and also prospects and directions of the further development are designated.

Keywords: *accumulators of heat; the multitariff account of the electric power; a thermal capacity.*

Переход к дифференцированному в течение суток учету электрической энергии позволяет потребителям существенно экономить средства на ее оплату и побуждает их к увеличению потребления электроэнергии по сниженному тарифу. Себестоимость производства электроэнергии в непиковое время в 2-3 раза ниже. Использование многотарифной системы учета приводит к выравниванию суточных графиков электрических нагрузок в сетях, снижаются затраты на поддержание гостированных показателей качества напряжения у потребителей, уменьшается потребность энергосистемы в резервировании дополнительных мощностей [1].

Эффективность применения электроэнергии в технологических процессах теплообеспечения различных объектов сельскохозяйственного производства может быть значительно увеличена за счет ее использования в часы действия пониженного тарифа. Появляется возможность существенного увеличения энерговооруженности без значительного усиления электрических сетей и распределительных подстанций.

Применение аккумуляционных систем, способствующих заполнению «провалов» суточного графика потребления электроэнергии, становится все более актуальным. В электронагревательных приборах аккумуляционного типа различают два этапа работы: зарядка, в течение которой электронагреватели нагревают аккумулирующую массу, и разрядка, в течение которой тепло от аккумулирующей массы передается потребителю. В качестве теплоаккумулирующей массы могут применяться жидкости (вода) и твердые материалы (магнезит, талькохлорит, шамот и др.), обладающие высокой теплоемкостью. Применение устройств с аккумуляции теплоты неизбежно влечет за собой увеличение капитальных затрат на теплообеспечение. Однако темпы роста цен и тарифов на топливо и электроэнергию значительно опережают цены на тепловое оборудование.

В ГНУ ВИЭСХ Россельхозакадемии, во ВНИИЭТО были разработаны и широко применялись емкостные аккумуляционные водонагреватели типа ВЭТ, УАП, САОС, САЗС вместимостью от 200 до 800 л, были созданы опытные образцы теплоаккумулирующих электронагревательных установок для нагрева воздуха в сельскохозяйственных помещениях [2].

В нашей стране и особенно за рубежом весьма успешно используются накопители тепла

в бытовом секторе [3]. Стандартный накопитель теплоты имеет мощность 2-3 кВт, внешне напоминает обычный радиатор (конвектор) отопления и весит около 100 кг. За ночной период он запасает тепловую энергию, достаточную для отопления помещения площадью около 10м^2.

В настоящее время в ВИЭСХе разработаны новые автоматизированные аккумуляционные установки АЭВН для нагрева воды в непиковые периоды по сниженному тарифу на электроэнергию вместимостью 200, 400, 800 и 1600 л. Они представляет собой стационарный электрический водонагреватель аккумуляционного типа сельскохозяйственного назначения и полностью приспособлены для автоматической работы с применением дифференцированного тарифа на электроэнергию по суточным зонам.

Ведутся разработки и обоснования параметров аккумуляционных установок с твердым аккумулирующим сердечником.

Среди особенностей, характеризующих помещения ферм как объектов теплообеспечения, можно выделить следующие [3]:

- значительные колебания тепловых нагрузок в течение суток и года, в связи с чем мощность отопительного прибора принимается после тщательного анализа суточного и годового графиков потребления теплоты;
- различные режимы потребления теплоты различными помещениями и процессами;
- дефицит теплоты в помещениях определяется в соответствии с результатами расчета тепловлажностного баланса этих помещений;
- агрессивные условия среды, высокая влажность воздуха, особенно в помещениях, где содержатся животные;
- высокие требования безопасности и надежности работы отопительной установки.

По способу теплоотдачи различают три типа электроотопительных приборов с аккумулированием теплоты.

К первому типу относят теплоаккумулирующие приборы со статической разрядкой и нерегулируемой теплоотдачей. Теплоотдача происходит от наружных поверхностей прибора путем излучения и естественной конвекции. Разрядка прибора происходит статически по мере естественного остывания сердечника.

Ко второму типу относят приборы со статической разрядкой и регулируемой теплоотдачей. Регулирование теплоотдачи возможно за счет устройства в теплоаккумулирующем сердечнике воздушных каналов. С помощью системы заслонок можно управлять возникающей в канале при нагреве естественной конвекцией. Чтобы повысить долю регулируемой теплоотдачи по сравнению с нерегулируемой (от наружной поверхности), усиливают слой теплоизоляции вокруг теплоаккумулирующего сердечника.

Наиболее совершенны приборы третьего типа с динамической регулируемой разрядкой. Статическая разрядка их ограничивается с помощью усиления теплоизоляции до 30% от полного теплосодержания сердечника. Пролегающие в сердечнике прибора воздушные каналы выполняют таким образом, чтобы вследствие равновесия термических подъемных сил в плечах каналов избежать саморазрядки прибора. Динамическая разрядка производится с помощью встроенного вентилятора. Управляя режимом работы вентилятора, можно в широких пределах регулировать процесс теплоотдачи прибора. Теплоаккумулирующие приборы с динамической разрядкой оснащают также байпасным устройством, позволяющим поддерживать на заданном уровне температуру воздуха, выходящего из прибора.

Динамический способ разрядки, достаточно четко регулирующий теплоотдачу прибора и температуру внутри обслуживаемого помещения, делает теплоаккумулирующие приборы наиболее экономичными и удобными установками индивидуального обогрева [5].

Разработка и применение теплоаккумуляционных электрических установок на объектах сельскохозяйственного производства позволит снизить затраты на оплату электроэнергии в 2-2,5 раза, а приведенные затраты до 30% при использовании пониженного ночного тарифа, что при современных темпах роста тарифа на электроэнергию является актуальной задачей.

Литература

1. Рекомендации перевода потребителей на дифференцированные по времени суток тарифы на электроэнергию. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2001. – 28 с.
2. *Каган Н.Б., Кауфман В.Г., Пронько М.Г.* Электротермическое оборудование для сельскохозяйственного производства. М.: Энергия, 1980. − 192 с.
3. *Речицкий В.* Аккумуляторы теплоты // Энергоэффективность и энергосбережение. 2011. №1. С. 38-41.
4. Рекомендации по расчету, проектированию и применению систем электротеплоснабжения животноводческих ферм и комплексов. Запорожье, 1985. - 81с.
5. *Расстригин В.Н., Растимешин С.А., Трунов С.С., Андреева Н.Н., Минчин Ю.В.* Применение систем и средств электротеплоснабжения в животноводстве. Обзорная информация. М.: ВНИИТЭИСХ, 1985.− 62 с.

УДК 636:631.14.002.5:621.37

СИСТЕМА ДИСТАНЦИОННОГО КОНТРОЛЯ ПОТОКОВ МОЛОКА НА ФЕРМАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ

Канд. техн. наук Б.П. Коршунов, д-р техн. наук А.И. Учеваткин, канд. техн. наук Ф.Г. Марьяхин, канд. техн. наук А.Б. Коршунов, А.В. Власов (ГНУ ВИЭСХ)

Представлены результаты исследований системы дистанционного контроля потоков молока на фермах с использованием электромагнитных средств измерений, внедрение которой обеспечит комплексную автоматизацию и сохранение высокого качества молока.

Ключевые слова: *система дистанционного контроля потоков молока, электромагнитные средства измерений.*

The article presents the results of the research of system of remote control of milk on farms with the use of electromagnetic measuring equipment, introduction of which will provide complex automation and preservation of high quality milk.

Keywords: *system of remote control of milk; electromagnetic measuring equipment.*

Целью и задачами исследований в данной работе является оценка соответствия технологическим требованиям разработанной ГНУ ВИЭСХ совместно с ЗАО НПО "Тепловизор" дистанционной системы контроля потоков молока с использованием электромагнитных средств измерения, определение относительной погрешности учета и ее зависимости от параметров и режимов работы технологической линии обработки молока на фермах [1].

Основными элементами разработанной системы являются электромагнитный преобразователь расхода и электронный многоканальный вычислительный блок.

В основе электромагнитных расходомеров лежит взаимодействие движущейся электропроводной жидкости с магнитным полем, подчиняющееся закону электромагнитной индукции [2].

К достоинствам этих устройств относятся: независимость показаний от вязкости и плотности измеряемого вещества, отсутствие потери давления и контакта молока с воздухом, линейность шкалы, высокое быстродействие, большой уровень автоматизации и легкая промываемость молокопровода циркуляционным способом. Все эти факторы положительно влияют на качественные показатели молока, в том числе на бактериальную обсемененность и органолептические характеристики молока, что, в свою очередь, позволяет сохранить первоначальные свойства молока.

Для проведения исследований был изготовлен экспериментальный стенд системы контроля потоков молока с использованием электромагнитных средств измерения, внешний вид которого представлен на рис. 1.

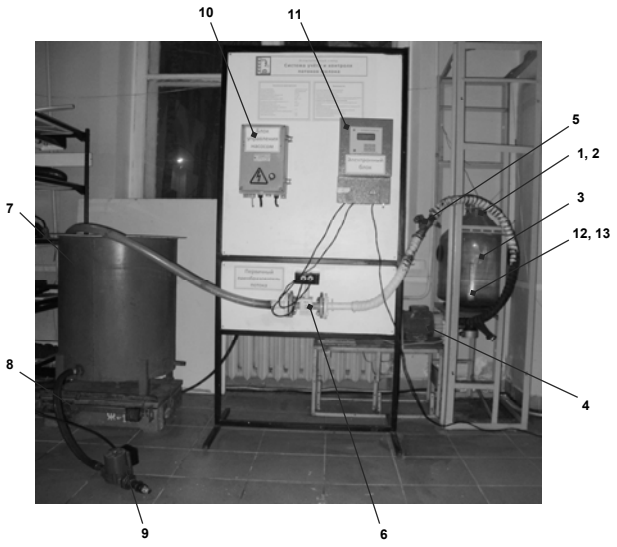


Рис. 1. Внешний вид испытательного стенда системы контроля потоков молока (*пояснения в тексте*)

Экспериментальный стенд позволяет:

1. Воспроизводить среднестатистические (ожидаемые) потоки молока от группы коров, с доильной установки и при выдачи с фермы;
2. Воспроизводить режимы широтно-импульсной модуляции потоков молока от группы коров, с доильной установки и при выдачи с фермы;

3. Проводить оценку относительной погрешности учета молока при различных режимах работы;
4. Проводить оценку влияния на относительную погрешность учета параметров (величина потока подачи молока, относительная продолжительность включения и относительная частота включения) и режимов (подача молока от группы коров, с доильной установки и при выдачи с фермы) работы системы.

Технологическая схема и функциональная блок-схема стенда представлена и на рис. 2 и 3 соответственно.

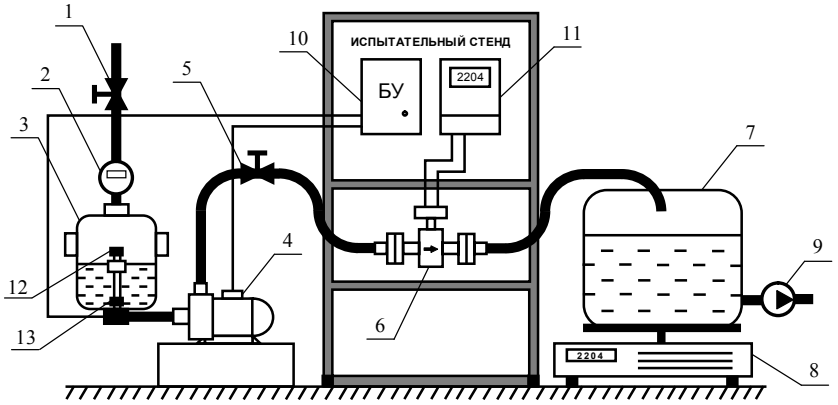


Рис. 2. Технологическая схема испытательного стенда системы контроля потоков молока

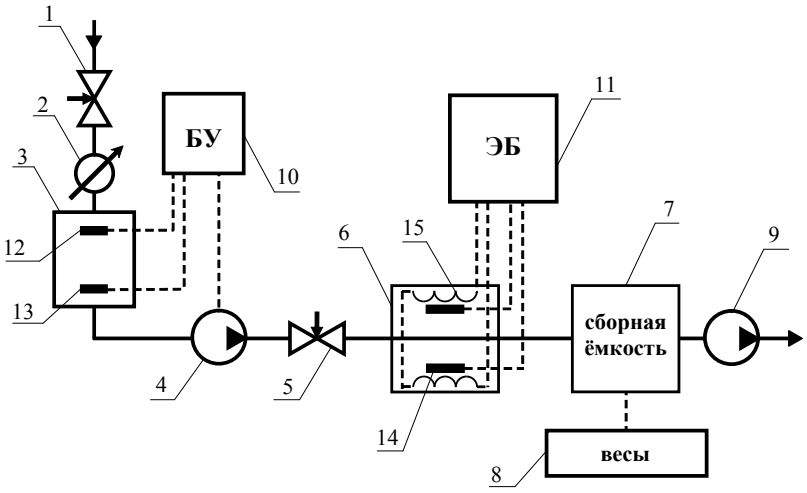


Рис. 3. Функциональная блок-схема испытательного стенда системы контроля потоков молока:

1 – регулирующий вентиль; 2 – счетчик молока; 3 – накопительно-регулирующая ёмкость (релизер); 4 – универсальный молочный насос НМУ-6; 5 – регулирующий вентиль; 6 – электромагнитный преобразователь расхода молока; 7 – сборная ёмкость; 8 – эталонные весы; 9 – молочный насос; 10 – блок управления (БУ) насосом; 11 – электронный блок (ЭБ); 12 – верхний датчик уровня; 13 – нижний датчик уровня; 14 – электроды; 15 – электромагнитные катушки

Испытательный стенд (рис. 1) представляет собой модель типовой технологической линии обработки молока, имитирующую потоки подачи молока реальных животноводческих ферм до 200 голов. В качестве имитатора молока была выбрана вода. В состав стенда входят типовые устройства и конструкции, применяемые на животноводческих фермах (молочный насос, релизер, датчики уровня, блок управления насосом и др.).

Молоко поступает через регулирующий вентиль 1 от группы коров или с доильной установки в релизер 3. По мере наполнения молока в релизере, срабатывает верхний датчик уровня 12 и с блока управления насоса 10 поступает сигнал на включение молочного насоса 4, который откачивает молоко до срабатывания нижнего датчика уровня 13 с сигналом на отключение насоса. Молоко под действием молочного насоса перекачивается через электромагнитный преобразователь расхода 6 в сборную ёмкость 7, установленную на весах 8. В первичном преобразователе расхода между электродами 14 под действием электромагнитного поля, создаваемого электромагнитными катушками 15, возникает разность потенциалов, этот сигнал передается в электронный блок 11, где он обрабатывается и на его дисплее отображается информация о параметрах потока молока. По мере заполнения сборной ёмкости происходит откачка молока с помощью насоса 9.

Испытательный стенд может моделировать потоки молока от группы коров (групповой учет), с доильной установки (общий учет) и выдачи с фермы (коммерческий учет).

При групповом режиме работы на стенд подается поток молока равный потоку от одной группы коров, а релизер выполняет функцию преобразователя потока молока, делая его сплошным (однородным, без воздушных включений), что повышает точность учета его электромагнитными средствами.

При общем режиме работы (с доильной установки) на стенд подается поток, равный потоку от нескольких групп коров, а релизер выполняет функцию преобразователя потока молока от нескольких групп коров.

При коммерческом режиме работы на стенд подается поток молока, обеспечивающий непрерывную работу молочного насоса.

Для воспроизведения данных режимов работы на стенд подавались величины потока молока, полученные по замерам на животноводческой ферме из 200 голов, разделенных на 4 группы по 50 голов в каждой.

Величины потоков молока представлены в табл. 1.

Таблица 1. Величины подачи потоков молока на стенд при различных режимах его работы

Режим работы	Величины потока подачи молока m[Q], кг/мин	Среднеквадратическое отклонение σ, кг/мин	Поток подачи молока при нештатном режиме работы Q, кг/мин
Групповой	5	0,9	до 8
Общий	20	3,6	до 25
Коммерческий	100	18	до 120

Испытательный стенд имитирует основные режимы потоков молока на реальных технологических линиях первичной обработки молока на животноводческих фермах, а также нештатные режимы, возникающие при промывке и отказах оборудования, скачках величины подачи молока и т.д.

Для оценки соответствия технологическим требованиям разработанной системы контроля потоков молока был проведен ряд экспериментов для разных режимов работы: группового, общего и коммерческого учета.

По ходу экспериментов снимались контролируемые параметры, на основании которых была рассчитана погрешность.

Как показали исследования, погрешность измерения разработанной системы при групповом и общем учете уменьшается с увеличением относительной продолжительности включения насоса, и при достижении 100% стремится к постоянной величине (как при коммерческом учете). Эта зависимость связана с уменьшением времени переходного режима включения насоса и выключения, при котором погрешность измерения наиболее высока. Так, например, при контроле потоков молока от группы коров погрешность учета находилась в пределах ±0,8 %, с доильной установки ±0,7 % и при выдаче с фермы ±0,6 %, что соответствует современным требованиям.

Для проверки эффективности разработанной системы учета и контроля молока проведены экспериментальные исследования на испытательном стенде, имитирующем работу технологической линии обработки молока на фермах для 1-4 групп коров по 50 голов в каждой. В качестве

эталонного мерного устройства использованы платформенные весы. Результаты проверки сведены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты проверки эффективности разработанной системы учета и контроля молока

№ группы коров	Поток (подача) молока, л/с	Показания счетчика молока, л	Показания весов, л	Относительная погрешность, %
1	0,09	648	643	0,77
2	0,17	1224	1215	0,74
3	0,27	1965	1952	0,66
4	0,34	2446	2431	0,61

Внедрение представленной системы учета и контроля потоков молока обеспечит комплексную автоматизацию доильно-молочных блоков животноводческих ферм и комплексов, позволит сохранить высокое качество молочной продукции и устранит потери в процессе производства при одновременном снижении энергоемкости и трудоемкости.

Литература

1. Патент РФ № 2319374. Система автоматизированного учета молока в вакуумных молокопроводах / Марьяхин Ф.Г., Учеваткин А.И., Коршунов Б.П., Коршунов А.Б. и др. // БИ. 2008, №8.
2. Расходомеры и счетчики количества веществ: справочник / Под общ. ред. Е.А. Шорникова. - 5-е изд., перераб. и доп. - СПб.: Политехника, 2004. - Кн. 2. - 412 с.

ВНИМАНИЮ АВТОРОВ!

Правила оформления статей

Редакция принимает к публикации рукописи статей в 2-х экземплярах, отпечатанные через 1,5 интервала на компьютере. Рукопись должна быть подписана всеми авторами. Вместе с бумажными копиями обязателен диск с текстом, набранным в Word 97/2000/2003/2007 шрифтом 14 пт, или файл по электронной почте vestnikviesh@gmail.com.

Объем статьи до 12 стр., включая таблицы (не более 5), рисунки (не более 5), библиографию (до 15 названий).

Приведенные в статье формулы должны иметь пояснения и расшифровку всех входящих в них величин с указанием единиц измерения в СИ. Таблицы должны иметь порядковый номер и название.

Все графические материалы должны быть выполнены четко (фотографии jpg или tif с разрешением не меньше 300 dpi), вставлены в текст статьи, пронумерованы, подписаны и иметь ссылку в тексте.

Использованная литература приводится в порядке очередности упоминания, в тексте – цифровые ссылки в квадратных скобках. Список литературы помещается в конце статьи и оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.05-2008.

Статья должна содержать следующие обязательные элементы:

1. Название и ФИО авторов статьи на русском и английском языках.
2. Аннотацию (3–5 предложений) на русском и английском языках.
3. Ключевые слова (3–6 слов/словосочетаний) на русском и английском языках.
4. Индекс статьи по Универсальной десятичной классификации (УДК).
5. Сведения обо всех авторах (в конце статьи) – фамилия, имя, отчество (полностью), ученая степень, ученое звание, полное название научного или учебного учреждения и его структурного подразделения, контактный телефон и адрес электронной почты автора.

Рукописи авторам не возвращаются. Автору выдается бесплатно один экземпляр журнала с его публикацией. С аспирантов плата за публикацию не взимается.