Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
==========

УДК 631.171:539.219.1

Энергоэффективные электротехнологии в АПК

Халина Т.М.[1], Корнев С.М.[2]

[1]Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова

[2]Государственный аграрный университет Северного Зауралья

Аннотация

Стратегия развития агропромышленного комплекса (АПК) РФ определяется Государственной программой развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия. На ее основе были установлены цели и задачи, направления роста АПК, предусматривающие комплексное развитие всех отраслей. Так обеспечение темпа роста валового внутреннего продукта выше среднемирового предполагает достижение индекса производства продукции сельского хозяйства в 2030 г. в объеме 114,6% по отношению к уровню 2020 г. и достижение индекса производства пищевых продуктов в 2030г. в объеме 114,7% по отношению к уровню 2020 г. Для достижения заданных целевых показателей разработаны специальные проекты и программы, в т.ч.: «Развитие отраслей и техническая модернизация агропромышленного комплекса», «Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2014-2030 годы», Концепция развития аграрной науки и научного обеспечения агропромышленного комплекса РФ на период до 2025 г., Концепция энергообеспечения сельского хозяйства до 2035 г.

Научное обеспечение по формированию и внедрению прорывных решений, направленных на решение важнейших задач по развитию АПК, осуществлялось научно-исследовательскими институтами ФАНО РФ (ВИЭСХ, ВНИИМЖ, СибИМЭ и д.р.) под руководством ОСХН РАН. Актуальным и перспективным направлением развития отраслей АПК признана техническая и технологическая модернизация с применением современных энергоэффективных электротехнологий в земледелии, животноводстве, производстве кормов, переработке сельхозпродукции. Решению поставленных задач отвечает предлагаемая статья.

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
==========

Ключевые слова: ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ, ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ В АПК, НАНОСТРУКТУРНЫЙ МНОГОЭЛЕКТРОДНЫЙ КОМПОЗИЦИОННЫЙ ЭЛЕКТРООБОГРЕВАТЕЛЬ, САМОРЕГУЛИРОВАНИЕ, ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ НАГРЕВ, ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКОЕ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ

В рамках проведенных учреждениями ФАНО исследований были разработаны теоретические основы и мероприятия по повышению энергоэффективности электротехнологических процессов теплоэнергообеспечения, первичной обработки, хранения и обеззараживания сельхозпродукции с использованием природного холода, вакуума, аккумуляции, рециркуляции, озонирования, СВЧ обработки и ультразвуковых и электроразрядных электрофизических воздействий [1]. Так, например, система обеспечения заданного микроклимата в животноводческих помещениях с использованием вентиляционно-отопительной установки, предложенная ВИЭСХ, позволяет снизить энергозатраты на 40% [1, 2].

Цель исследования: - анализ электротехнологических процессов нагрева в сельскохозяйственном производстве с оценкой их эффективности.

Условия, материалы и методы

Систематизация электротехнологических процессов в АПК возможна с учетом современных подходов, основанных на использовании классификационных признаков, базирующихся на основных положениях теории электромагнитных полей и электродинамики сплошных сред.

Воздействие различных видов электромагнитных полей электростатического, постоянного тока, переменных токов промышленной (50 Гц), высокой и сверхвысокой частот ($10^3 \div 10^6$Гц), инфракрасного 4 ($10^{11} \div 10^{14}$Гц) и ультрафиолетового 8 ($10^{14} \div 10^{17}$Гц) излучения на биологические материалы позволяет реализовывать разнообразные электротехнологические методы: электротермические, электрохимические и электрофизические (рис. 1) [3-6].

Рассмотрим анализ эффективности электротехнологических процессов на примере электрического нагрева в различных отраслях сельскохозяйственного производства (рис. 2).

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

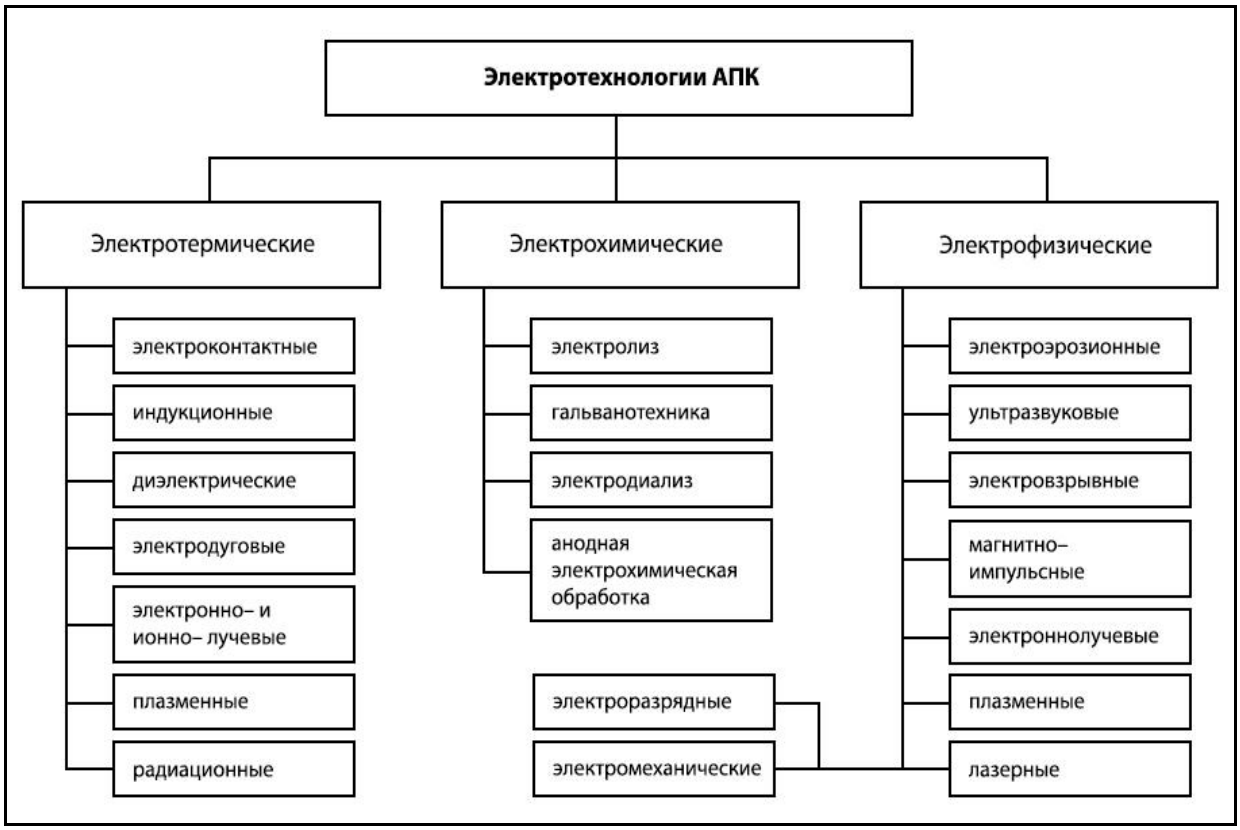

Рис. 1. Классификация электротехнологических процессов в АПК

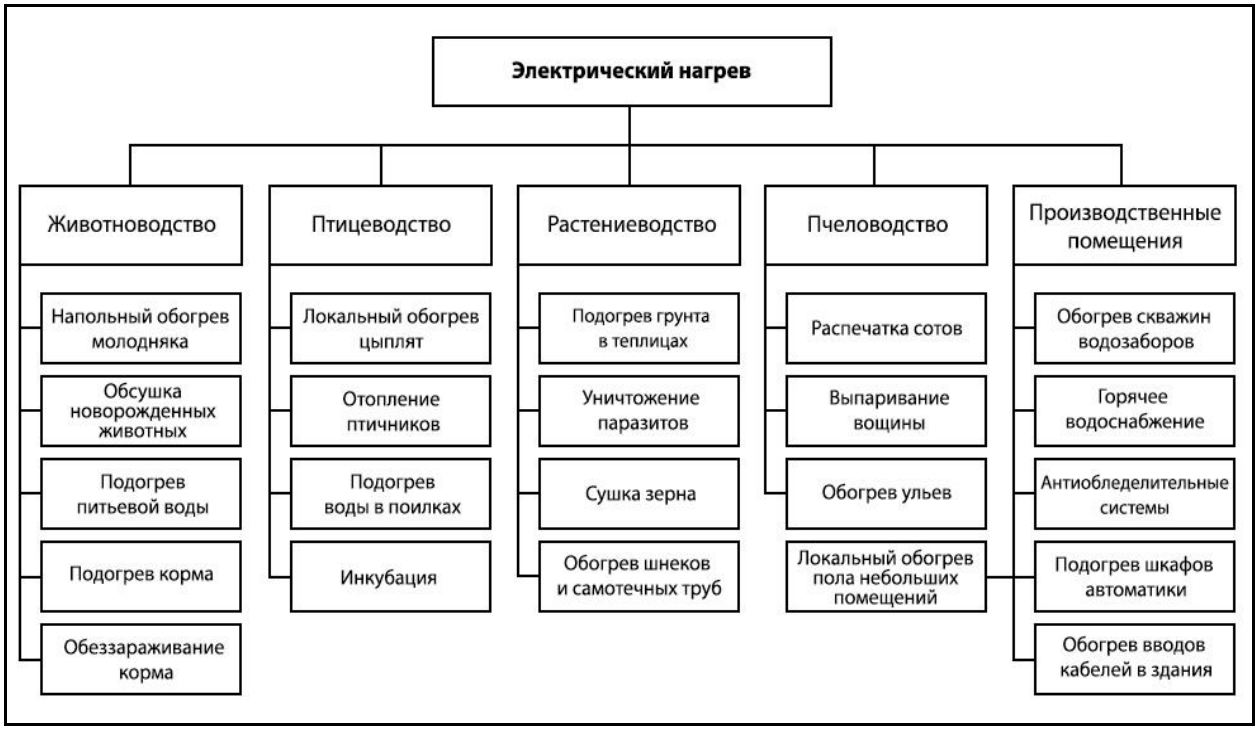

Рис. 2. Области применения электрического нагрева

Основные технические характеристики средств электрического нагрева, используемые на предприятиях АПК, должны быть сопоставимы с мировыми аналогами по энергоэффективности, экономичности и соответствовать требованиям государственных стандартов по надежности, электро-, пожаробезопасности, влаго-, химостойкости в агрессивной среде, экологической чистоте. Система автоматического управления (САУ) режимами работы средств электронагрева должна обеспечить их функционирование в условиях самостабилизации и саморегулирования.

В настоящее время наиболее перспективными признаны системы, обеспечивающие энергоэффективный и высокотехнологичный поверхностнораспределенный обогрев в технологических процессах сельскохозяйственного производства [7-9]. Технические средства поверхностно-распределенного обогрева приведены в таблице 1.

Проведенный анализ существующих отечественных и зарубежных технологий и технических средств локального обогрева позволил определить перечень их конкурентных преимуществ и перспектив применения на объектах АПК. Панели на основе саморегулируемых кабелей (NELSON, RAYCHEM, TDK, SUNBEAM) и многоэлектродных композиционных электрообогревателей (МКЭ) обеспечивают энергоэффективный режим работы и обладают высокими диэлектрическими характеристиками, что обеспечивает возможность их функционирования во влажных и агрессивных средах.

Электрообогреватель МКЭ состоит из изоляционных слоев 3 и электропроводного слоя композиционного материала (КМ) 4. Внутри электропроводного слоя расположена система электродов 2 с токоподводами 1. Электропроводящий КМ изготавливается на основе кристаллизующегося бутилкаучука (БК) в качестве связующего с наполнителями в виде дисперсного технического углерода (ТУ) промышленных марок и дополнительных ингредиентов для придания необходимых при эксплуатации свойств. Предпочтительное использование БК объясняется его теплостойкостью и термостойкостью. Температурный диапазон работоспособности резин из БК составляет от минус 50º С до + 260º С [10].

Наноструктурные композиционные электрообогреватели способны работать как в режиме самостабилизации с обеспечением постоянной температуры на поверхности, так и в режиме саморегулирования, т.е. изменения температуры на поверхности в зависимости от условий теплообмена.

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
==========

Таблица 1. Технические средства поверхностно-распределенного обогрева

Тип обогревателя	Основное назначение	Диапазон удельной мощности, Вт/м^2	Площадь обогревателя, м^2	Достоинства использования	Недостатки использования	Производитель (страна)	Стоимость эффективно обогреваемой площади, руб./м^2
Тонкопленочные	Подогрев полов (монтируются под покрытие)	150…500	От 0,005 до 3,0	Стабильное электрическое сопротивление, химическая и биологическая инертность	Отсутствует саморегулирование	Нанотерм (Россия)	5000…8000
Пленочные ИК	Обогрев зон содержания с/х животных	100…300	От 0,05 до 3,0	Простота обслуживания и монтажа	Незащищенность от механических воздействий и агрессивных сред	CALEO (Ю. Корея), ПЛЭН (Россия)	8000…12000
Резистивные монолитные панели	Обогрев полов в помещениях содержания с/х животных	200…400	От 0,4 до 1,0	Износостойкость и устойчивость к воздействию агрессивных сред	Отсутствует саморегулирование, значительный вес	СофтТерм (Россия), Big Dutchman (Германия)	8000…10000
Панели на основе саморегулирующихся кабелей	Универсальные	200…500	От 0,005 до 1,0	Энергоэффективность, простота монтажа и обслуживания	Небольшая площадь теплоотдачи, высокая цена	NELSON (США), RAYCHEM (Бельгия), TDK (Германия), SUNBEAM (Франция)	10000…15000
Саморегулируемые МКЭ	Универсальное, включая агрессивные среды	200…1200	0,025…1,5	Саморегулирование, износостойкость, устойчивость к воздействию агрессивных сред, высокие диэлектрические характеристики	Сложность изготовления электрообогревателей площадью, более 1 м^2	ЭнергоЭффектТехнология (Россия)	6000…9000

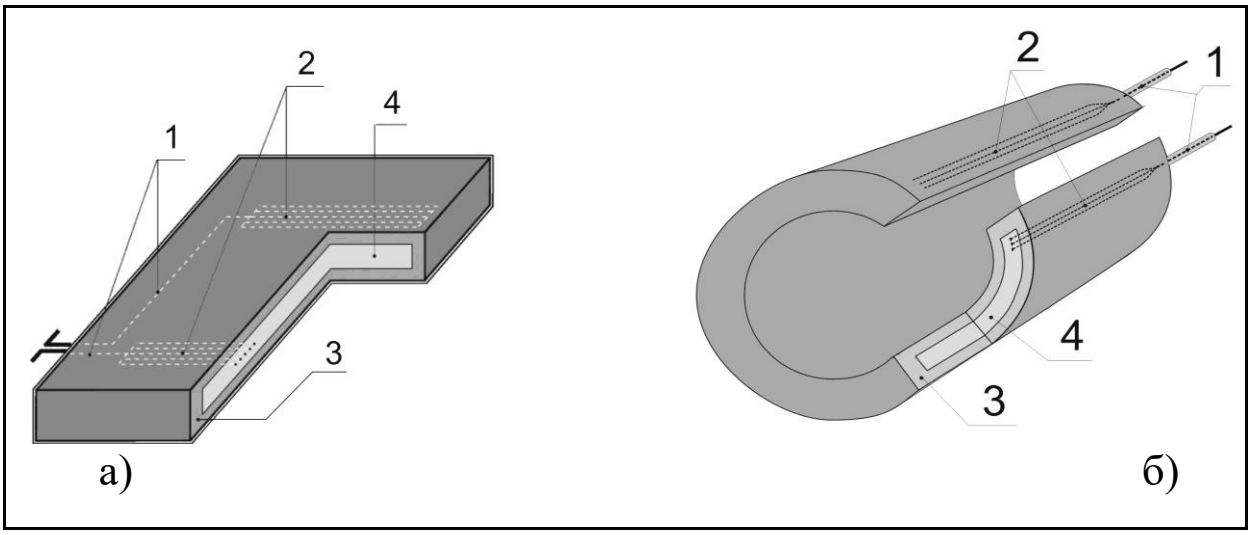

Рис. 3. Общий вид электрообогревателей

Примечание: а)- пластинчатого типа, б) - объемного типа; где: 1 - токоподводы; 2 - электроды; 3- изоляционные слои; 4 - электропроводные слои.

Наноструктурные композиционные электрообогреватели способны работать как в режиме самостабилизации с обеспечением постоянной температуры на поверхности, так и в режиме саморегулирования, т.е. изменения температуры на поверхности в зависимости от условий теплообмена.

Использование саморегулируемых наностуктурных МКЭ наиболее эффективно для обогрева молодняка животных, т.к. позволяет снизить расход электроэнергии на напольный обогрев за счет поддержания более низкой температуры, чем 30 … 32^0 С, при отсутствии животных в зоне контакта с тепловыделяющей поверхностью [11].

Температурный коэффициент электропроводного слоя КЭ, лежащий в диапазоне $|\alpha_\rho| \leq 2 \div 3\%$ $^0C^{-1}$, обеспечивает реализацию режима саморегулирования КЭ [10]. Такое значение температурного коэффициента обеспечивается определенной рецептурой композиции электропроводного слоя МКЭ, при следующем соотношении функциональных ингредиентов: бутилкаучука - 59÷60 масс. %; ТУ № - 330 - 19,5÷21,1 масс. %; стеарина 1,44÷1,53 масс. %; дополнительных функциональных ингредиентов - 16,86÷19,46 масс. % [12]. По результатам микроскопических исследований определена марка, средний размер частиц, степень регулярности ячеисто-сетчатой структуры ТУ в бутил каучуковой матрице. Средний размер частиц ТУ (прослойки) составил 38–42 нм, а расстояние м/у ними – 5нм (рис. 4, 5) [13, 14].

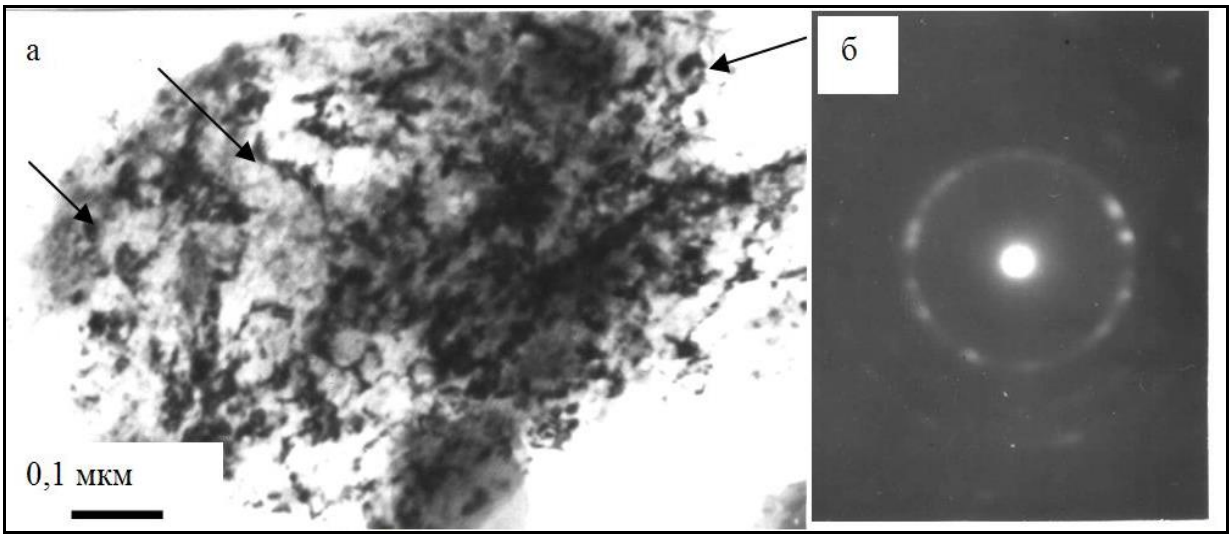

Рис. 4. Электронно-микроскопическое изображение частиц ТУ с гексагональной кристаллической решеткой, стрелками указаны кристаллиты ТУ (а) и микроэлектронограмма частицы ТУ(б)

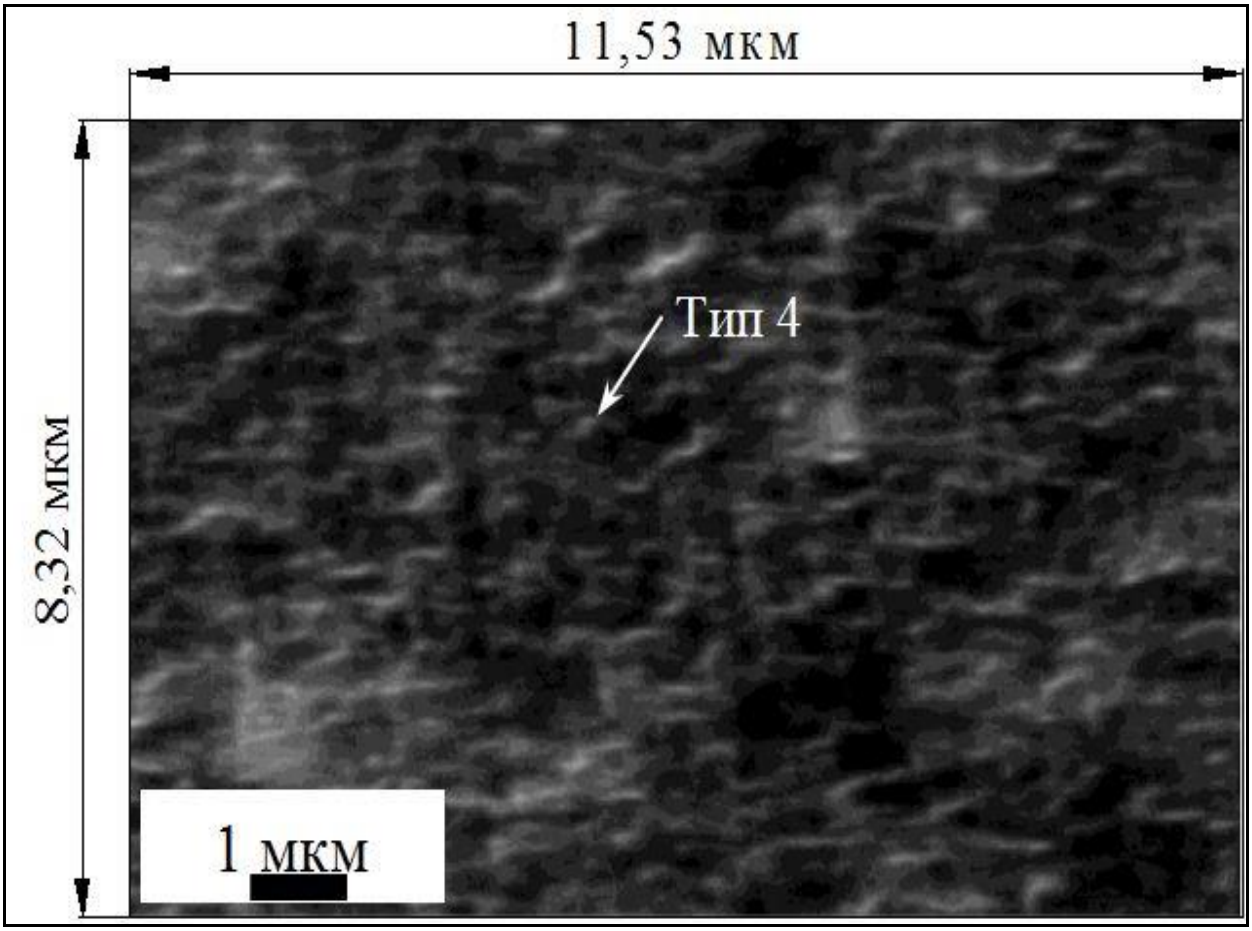

Рис. 5. Микрофотография вулканизата с техническим углеродом марки N – 330 при увеличении 20000 крат

По результатам исследования структуры КМ получена возможность управлять его свойствами, а следовательно, и режимами работы наноструктурного электрообогревателя.

Результатами приемных и сертификационных испытаний наноструктурного МКЭ подтверждены высокие эксплуатационные параметры, обеспечивающие функционирование в условиях сельскохозяйственного производства. Электрообогреватели МКЭ (рис. 6) пластинчатых форм используются для напольного обогрева молодняка животных, подогрева грунта теплиц, подогрева шкафов автоматики и связи, в щитах раздельного учета электроэнергии, аппаратного подогрева и сушки зерна, а объемные электрообогреватели – для обогрева водоводов, поилок. шнекового подогрева зерна, обогрева емкостей в технологических процессах (табл. 2). Технические характеристики МКЭ представлены в таблице 3 [15].

Рис. 6. Фотография электрообогревателей МКЭ

Таблица 2. Основные типы электрообогревателей МКЭ

№ п.п	Тип электрообогревателя	Габариты Длина х ширина/внутренний диаметр х толщина, мм
1	Пластинчатый МКЭ	580х420х12±5%
2	Пластинчатый МКЭ	200х135х10±5%
3	Объемный МКЭ	200х24х12±5%
4	Объемный МКЭ	300х250х12±5%

Таблица 3. Технические характеристики электрообогревателей МКЭ

Наименование параметра	Значение
Сопротивление изоляции, не менее, МОм	1000
Ток утечки, не более, А	$75x10^{-6}$
Напряжение пробоя изоляции, не менее, кВ	7,0
Стойкость к влажной и кислотно-щелочной агрессивной среде	значительная (влажность - 100%, концентрация HCl и H_2SO_4 - до 30%, концентрация щелочей - без ограничения)
Наработка на отказ, не менее, ч	15000
Класс защиты от поражения электрическим током	0
Степень защиты от доступа к опасным частям, попадания твердых предметов, воды (ГОСТ 14254)	IP 57

В АлтГТУ получило развитие направление по обеззараживанию кормов с использование электроконтактной технологии объемного нагрева кормовой смеси.

В настоящее время для решения данной проблемы применяются различные методы борьбы с зараженностью кормов, которые можно разделить на три основные группы: химическая обработка, радиационное облучение, и термическое воздействие [16].

Первая группа методов подразумевает использование различных специализированных химических составов, приводящих к полной или частичной декантаминации микрофлоры кормов. Существенным недостатком применения дезинфицирующих реагентов является образование некоторых токсичных соединений, способных привести к отравлению организма животного.

Вторая группа основана на использовании видов радиационного излучения, которые оказывают негативное действие на жизнедеятельность микроорганизмов.

Главным фактором, ограничивающим применение большинства методов этой группы, является необходимость в дорогостоящем энергоемком специализированном оборудовании. Кроме того, существует высокий риск облучения обслуживающего персонала.

Третья группа, получившая наибольшее распространение, включает в себя методы прямого или косвенного нагрева компонентов корма, в результате которого и достигается бактерицидное действие. Аналогично с предыдущей группой, практически все методы термического обеззараживания требуют для реализации дорогостоящего оборудования. Кроме того, из-за специфики обработки, зачастую происходят процессы деструкции части питательных веществ исходного сырья, однако это происходит лишь под действием высо-

ких температур. Достаточный умеренный нагрев, наоборот, способствует повышению энергетической ценности корма с сохранением входящих в состав витаминов.

Следует отметить, что микроорганизмы переносят повышение температуры поразному, каждый отдельный вид имеет свой температурный диапазон, в котором он способен выживать (табл. 4) [17].

Таблица 4. Температурные точки выживания различных групп микроорганизмов

Группа микроорганизмов	Температура, ˚С		
	минимальная	оптимальная	максимальная
Психрофильные	-8…0	10…20	25…30
Мезофильные	5…10	20…40	40…45
Термофильные	25…40	50…60	70…80

Патогенная и условно-патогенная микрофлора кормов в основном состоит из организмов мезофильной группы, погибающих при температуре выше 45 ˚С. Подобный нагрев можно обеспечить разными способами, однако если рассматривать электротехнологические установки с позиции наибольшей эффективности расхода электроэнергии и простоты реализации технологии, то большой интерес в этой области представляет электроконтактный метод нагрева.

В основе электроконтактной технологии лежит механизм объемного нагрева кормовой смеси за счет тепла, выделяемого в процессе прохождения через обеззараживаемый продукт электрического тока. Необходимым условием для реализации метода является наличие электропроводной среды. Практически реализация электропроводной среды достигается путем добавления к корму питьевой воды или водно-солевых растворов.

Электроконтактная установка (рис. 7) обеззараживания состоит из: источника питания (ИП), блока автоматики (БА), термостойкой диэлектрической камеры (ДК) с установленными в ней электродами, и набора датчиков температуры (Д). Блок автоматики в свою очередь включает: микроконтроллер (МК), роль которого заключается в формировании управляющего сигнала на основе информации с датчиков температуры, блока индикации 2, блока управления 3, а также модуля управления силовым элементом 1, осуществляющего регулирование значения тока, протекающего через кормовую смесь [18].

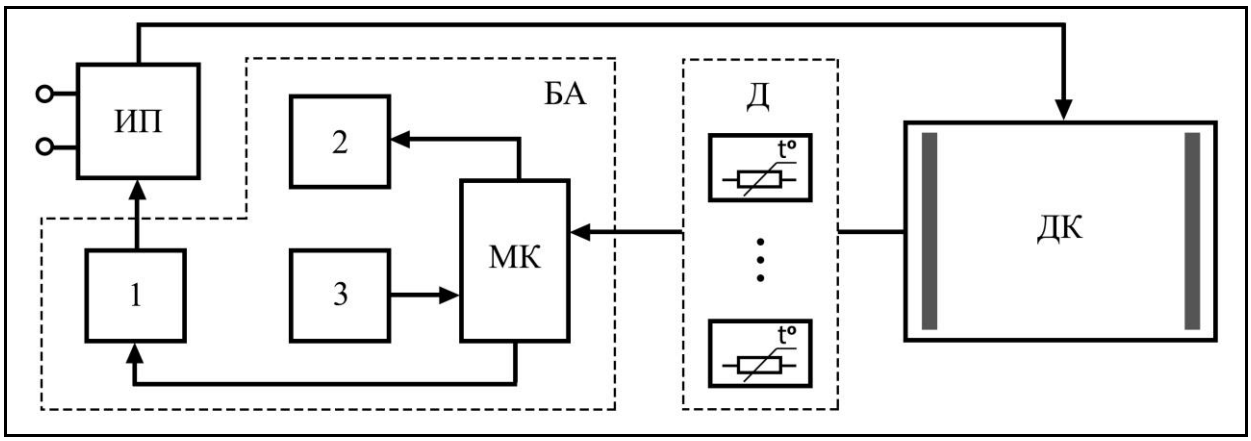

Рис. 7. Функциональная схема электроконтактной установки

Конструкция диэлектрической камеры многоэлектродной установки для электротермического обеззараживания жидких кормовых смесей представлена на рис. 8.

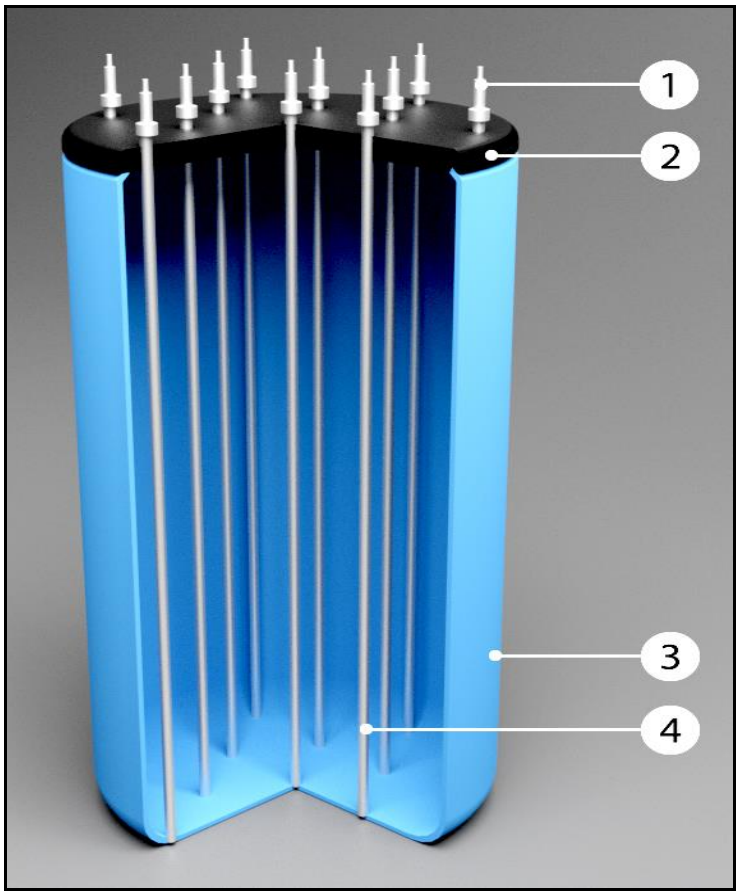

Рис. 8. Конструкция диэлектрической камеры установки

Примечание: 1 – токоподводящие контакты электродов; 2 – крышка из диэлектрического материала; 3 – диэлектрическая камера; 4 – цилиндрические электроды.

Предварительно смоченная кормовая смесь, влажностью 51…78%, закладывается внутрь диэлектрической камеры 3. Система электродов 4 погружается в смесь. Питание к электродам подается через токоподводящие контакты 1, расположенные на противоположной стороне крышки.

В процессе работы установки, за счет контакта электродов с кормовой смесью происходит достаточно быстрый и практически равномерный прогрев всей массы обрабатываемой среды, с небольшим градиентом температур от поверхности электрода к середине межэлектродного пространства. Электропроводность влажного сырья зависит в основном от содержащихся в нем ионов солей и кислот, и незначительно меняется с ростом температуры в процессе нагрева.

Помимо обеспечения нагрева в целях воздействия на микроорганизмы экстремальной для их жизнедеятельности температуры, данная установка обладает еще одним дезинфицирующим действием - в ходе электрохимической реакции в объеме кормовой смеси в небольших количествах образуются пероксид водорода и озон, обладающие, как известно, сильным бактерицидным эффектом. Под действием температуры и при контакте с органическими веществами корма, озон, как и пероксид водорода переходят в безопасные для организма животных соединения, молекулярный кислород и воду, тем самым полностью нейтрализуясь к моменту этапа кормления.

Основные выводы

1. В современных экономических условиях интенсификация сельскохозяйственного производства невозможна без инновационного развития, освоения новых эффективных электротехнологических процессов, использующих новейшие достижения науки и техники.

2. Системное освоение инноваций требует выработки механизма их эффективного распространения в АПК. Так, например, наиболее энергоэффективными и экономически целесообразными технологиями локального обогрева в АПК являются технологии нагрева на основе наноструктурных МКЭ, обеспечивающих режим саморегулирования и высокие диэлектрические характеристики, обеспечивающие их использование в условиях сельскохозяйственного производства.

3. Для повышения качества продукции и соответствия ветеринарно-санитарным нормам и требованиям необходимо использование технологий обеззараживания кормов.

Установлено, что технология обеззараживания кормов методом электроконтактного нагрева наиболее эффективна в составе системы жидкого кормления, которая получает в настоящее время все большее распространение в РФ.

Список использованных источников:

1. Концепция развития аграрной науки и научного обеспечения агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2025 года [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/902099525

2. Стребков Д.С., Шогенов Ю.Х., Тихомиров А.В. Развитие систем энергообеспечения, энергоресурсосбережения и возобновляемых источников энергии в агропромышленном комплексе // Инновации в сельском хозяйстве. - 2016. - №2 (17). - С. 12–16.

3. Электротехнологии и электротехнологические установки в АПК: учебное пособие / составитель М.М. Беззубцева. — Санкт-Петербург: СПбГАУ, 2012. — 244 с.

4. Беззубцева М.М., Волков В.С., Котов А.В., Обухов К.Н. Инновационные электротехнологии в АПК: учебное пособие. — Санкт-Петербург: СПбГАУ, 2015. - 149 с.

5. Тимофеева В.Н., Головенко Е.А., Кузнецова Е.В. Электротермические процессы и установки: Учебное пособие по теоретическому курсу. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2007. – 360 с.

6. Куликова Л.В., Бараков А.Н. [Текст] Использование электромагнитных полей для обработки растительных материалов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2009. – № 5. – С. 29–30.

7. Курзин Н.Н., Нормов Д.А., Лебедев Д.В., Рожков Е.А. Электротехнологии в сельском хозяйстве: учебно-методическое пособие. – Краснодар: КубГАУ, 2020. – 118 с.

8. Дорош А.Б. Саморегулируемые наноструктурные электрообогреватели для систем локального обогрева в АПК. [Текст]: дисс. кандидат. техн. наук. – Барнаул., 2019. – 160 с.

9. 9 Марсов В. Ю. Технологии и технические средства на основе композиционных электрообогревателей в животноводстве [Текст]: дисс. … канд. техн. наук. – Барнаул, 2006. – 137 с.

10. Халина Т.М., Халин М.В., Дорош А.Б. [Текст] Энергоэффективные технологии и технические средства локального обогрева для АПК //Достижение науки и техники АПК. – 2017. – Т. 31, № 3. – С. 65–71.

11. Масагутова Л., Микуленко Н. Применение каучуков на основе изобутилена в шинной промышленности / Под ред. Г. Хомутинникова. – М.: ФПГ Нефтехимпром, 2001.– 128 с.

12. Пат. 2476033 Российская Федерация, МПК Н 05 В 3/28. Способ изготовления композиционного электрообогревателя [Текст] / Т.М. Халина, М.В. Халин, А.Б. Дорош. – № 2011136621/07; заявл. 02.09.2011; опубл. 20.02.2013.

13. Халина Т.М., Халин М.В., Дорош А.Б., Востриков Е.И. и др. [Текст] Системы обогрева на основе наноструктурных композиционных электрообогревателей // Электротехника. – 2018. – № 12. – С. 21–29.

14. Новые технологии в кормлении животных: 2019-08-14 / Составители: Ахметзянова Ф.К. [и др.]. –Казань: КГАВМ им. Баумана, 2018. – 65 с.

15. Дорожкин М.В., Халина Т.М., Халин М.В. Обеззараживание комбинированных кормов электроконтактным способом // Энерго-и ресурсосбережение – XXI век. -2019. - С. 170–174.

16. Правила проведения дезинфекции и дезинвазии объектов Государственного ветеринарного надзора. – Электрон. дан. – ИСС «Техэксперт», 2002 г. – Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/420258792

17. Сафонов В.И. Электротехнологические установки: учебное пособие. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2014. – 124 с.

18. Khalina T. & Khalin M. & Dorozhkin M. (2022). Study Of The Thermal Processes Dynamics In The Feedstuff Disinfection By Electric Contact Heating. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 1211. 012019. 10.1088/1757-899X/1211/1/012019.

==========

Цитирование:

Халина Т.М., Корнев С.М. Энергоэффективные электротехнологии в АПК [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2023. – № 2. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/2/st_255.pdf.
DOI: https://doi.org/10.51419/202132255.