

Председателю диссертационного
совета Д 220.038.08 на базе
ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ
С. В. Оськину

Сведения об официальном оппоненте

по диссертационной работе Коржакова Алексея Валерьевича на тему «Режимные параметры акусто-магнитной электротехнологии снижения солеотложений в геотермальных гидропонных установках защищенного грунта», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.20.02 – Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве.

Фамилия, Имя, Отчество	ШерьязовСакенКойшыбаевич
Ученая степень	Доктор технических наук, 05.20.02 – Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве
Наименование диссертации	Методология рационального сочетания традиционных и возобновляемых энергоресурсов в системе энергоснабжения сельскохозяйственных потребителей
Ученое звание	Профессор по научной специальности 05.20.02 – Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве
Полное наименование организации в соответствии с уставом на момент представления отзыва	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный аграрный университет» (ФГБОУ ВО ЮУрГАУ)
Наименование подразделения	Кафедра «Энергообеспечение и автоматизация технологических процессов»
Должность	Профессор кафедры «Энергообеспечение и автоматизация технологических процессов»
Адрес организации места работы	Юридический адрес: 457100, Челябинская область, г. Троицк, ул. Гагарина, дом 13. Фактический адрес: 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, д. 75.

Телефон и официальный сайт организации места работы	Контактные телефоны: +7 (351) 266-65-30; Сайт организации: https://sursau.ru/
Основные публикации официального оппонента, затрагивающие сферу диссертационного исследования соискателя	
1. Шерьязов, С.К. Использование тепловой энергии водоемов в условиях Южного Урала/ С.К.Шерьязов, О.С.Пташкина-Гирина, О.А.Гусева.//АПК России. – 2019. – Т. 26.- № 5.– С. 833-842.	
2.Шерьязов, С.К. Исследование факторов, влияющих на эффективность работы теплонасосной установки в сельском хозяйстве/ С.К.Шерьязов, О.С.Пташкина-Гирина, Р.Ж.Низамутдинов, О.С.Волкова. //Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2018.– № 3 (71).– С. 162-164.	
3. Шерьязов, С.К. Методика оценки энергетических характеристик возобновляемых источников/ С.К.Шерьязов, О.С.Пташкина-Гирина, А.Т.Ахметшин, О.А.Гусева. //Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2018.– № 1 (45). –С. 114-124.	
4. Sheryazov S.K., Ptashkina-Girina O.S., Nizamutdinova N.S. Technological and economic evaluation of the system of heat supply with the usage of renewable sources of energy. //Всборнике: 2018 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2018. 2019. p. 8602526.	
5. Sheryazov S.K., Ptashkina-Girina O.S. Estimation of renewable energy resources for heat supply systems//Всборнике: 2017 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2017 - Proceedings. electronic edition. -2017. p. 8076239.	
6. Шерьязов,С.К. Исследование степени неоднородности магнитного поля в магнитных сепараторах сельскохозяйственного назначения/С.К.Шерьязов, Ю.А.Никишин, А.А.Митюнин.//Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2020.– № 7 (189). – С. 121-128.	
7. Шерьязов, С.К. Источники низкопотенциальной тепловой энергии в условиях Южного Урала /С.К.Шерьязов, О.С.Пташкина-Гирина Материалы международной научно-практической конференции «Развитие энергосистем АПК: перспективные технологии. - Челябинск: ЮУрГАУ, ИАИ, 2018. – С. 146–153.	
8. Шерьязов, С.К. Экономические показатели возобновляемой энергетики /С.К.Шерьязов, О.С.Пташкина-Гирина, Н.С.Низамутдинова. //Вестник НГИЭИ.– 2019.– № 2 (93).– С. 48-58.	

ОТЗЫВ

Официального оппонента Шерьязова Сакена Койшыбаевича, доктора технических наук, профессора, на диссертационную работу «Режимные параметры акусто-магнитной электротехнологии снижения солеотложений в геотермальных гидропонных установках защищенного грунта», представленную в диссертационный совет Д 220.038.08 на базе ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т.Трубилина» на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 05.20.02 – электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве (технические науки).

Актуальность темы диссертации.

Развитие энергосберегающих технологии является основополагающим во всех отраслях народного хозяйства. При этом следует уделять должное внимание энергоснабжению сельского хозяйства, обеспечивающего продовольственную безопасность страны.

В число энергосберегающих технологий следует отнести использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ), призванных замещать традиционно используемые энергоресурсы для снижения потери их при транспортировке и сжиганий органических видов топлива, а также затрат на потребляемую энергию. В целом ВИЭ призван в повышений эффективности, как системы энергоснабжения, так и производимой продукции сельскими товаропроизводителями. При этом важно выбрать сам возобновляемый источник и разработать технологию использования возобновляемой энергии.

В диссертационной работе предлагается использовать геотермальные источники в системе теплоснабжения конкретного сельскохозяйственного потребителя, каковым является теплицы, выращивающие растения в условиях закрытого грунта. Агротехнология выращивания овощей в теплице требует точного поддержания микроклимата, в особенности температурного режима. Теплоснабжение тепличных комплексов является энергоёмким процессом и требует значительных затрат, что сдерживает их развитие.

Для развития выращивания тепличных растений существуют различные методы. Одним из них является выращивание растений на искусственных питательных растворах, который позволяет получить высокую и устойчивую урожайность, при снижении себестоимости продукции. Данный метод выращивания тепличных растений в настоящее время нашёл широкое применение в мире. В растениеводстве этот метод открывает возможности для механизации и автоматизации производственных процессов.

В рассматриваемом методе система теплоснабжения остается энергозатратной и требует поиска новых энергосберегающих решений. Для снижения затрат на теплоснабжение теплиц предлагается использовать геотермальные теплоносители. При этом анализ использования геотермальных источников показывает перспективность их в условиях Краснодарского края, где уже эксплуатируются 14 геотермальных тепловых станции.

Вместе с тем применение геотермальной воды в качестве теплоносителя сопряжено с образованием на теплотехническом оборудовании солеотложения, которые ухудшают теплотехнические характеристики отопительных приборов, способствуют возрастанию гидравлического сопротивления трубопроводов вплоть до полной их закупорки и выхода системы из строя. Применяемые реагентные методы не позволяют предотвращать накипеобразование, а работают только по факту образования накипи.

В работе для предотвращения солеотложения предлагается электротехнология, на основе одновременного использования электромагнитных и акустических полей высокой частоты. Предлагаемая электротехнология призвана снизить эксплуатационные затраты при высоких показателях устранения накипи на стенках теплотехнического оборудования. Недостаточные исследования в области обработки геотермальных теплоносителей сдерживают их активного использования, а отсутствие акустико-магнитного метода обработки в частности развитие данного направления в целом. Решение данной проблемы путем разработки научно обоснованных решений на основе акустико-магнитной электротехнологии является актуальной.

Степень обоснованности научных положений в диссертационной работе соискателя по теме исследования существенна и научно обоснована комплексными экспериментальными данными. Сформулированные автором в диссертационной работе научные положения корректны и выполнены им на основе анализа и систематизации предшествующих работ и проведённых собственных аналитических и экспериментальных исследований.

Достоверность исследований, представленных в диссертации, подтверждена теоретическими и экспериментальными исследованиями, актами внедрения, а также полученными патентами РФ. Экспериментальные исследования выполнены на специально разработанных лабораторных установках.

Научную новизну работы представляют обоснованное количество и состав критериев подобия, необходимых для описания процессов, происходящих в акусто-магнитном аппарате; уравнение, связывающее количество образованной накипи с протекающими процессами в акусто-магнитном поле через критерии подобия; математическая модель основных физических процессов, протекающих в акусто-магнитном аппарате, устанавливающая степень влияния параметров акусто-магнитного аппарата на степень солеотложения в минерализованных теплоносителях; новые безреагентные способы обработки жидкости в тепличном производстве при использовании геотермального низкопотенциального тепла; основные параметры магнитострикционного преобразователя и акусто-магнитного аппарата; модернизированная методика планирования эксперимента с использованием обобщённых факторов и критериев подобия.

Практическую значимость представляют полученные критерии подобия, которые позволяют проектировать и изготавливать акусто-магнитное оборудование различного типоразмера; уравнение, связывающее количество образованной накипи с процессами в акусто-магнитном поле через критерии подобия, применяемое для расчета минимального накипеобразования в оборудовании при его работе на геотермальном минерализованном теплоносителе; новые безреагентные способы обработки жидкости, которые применимы

не только в тепличном производстве, но и в других технологиях сельского хозяйства при использовании геотермального низкопотенциального тепла; новизна способов защищена патентами РФ № 2654334, РФ №2641822; конструктивные решения электротехнологического оборудования (патенты РФ № 2635591, №2641137, №2646091, №2646989), которые могут быть реализованы на предприятиях-производителях электро-технических аппаратов; модернизированная методика планирования эксперимента с использованием обобщённых факторов и критериев подобия, позволяющая разработать план эксперимента, провести его с наименьшей трудоемкостью и получить оптимальное значение параметров акусто-магнитного аппарата; структурные, функциональные и принципиальные схемы акусто-магнитной электротехнологии в гидропонных установках и системы автоматического управления техническим процессом обработки воды, которые могут быть использованы при разработке технологии обработки и других жидкостей; уравнения регрессии, позволяющие определить рациональные режимы работы акусто-магнитного аппарата; программы, реализованные в среде CoDeSys, применимы для различных контроллеров при проведении автоматизации акусто-магнитной обработки теплоносителя; результаты внедрения акусто-магнитной электротехнологии в теплицах подтверждают высокую эффективность в системе подготовки гидропонного раствора.

На основе полученных результатов исследований разработаны теоретические и практические основы акусто-магнитной технологии, обеспечивающей низкие энергетические затраты и продление межрегламентных сроков обслуживания теплотехнического оборудования.

Достоверность эффективности акусто-магнитной обработки геотермальной воды и гидропонного раствора подтверждена математическими расчетами. Выводы и предложения производству научно обоснованы и имеют практическое значение для хозяйств всех форм собственности юга России. Методика проведения исследований соответствует современным требованиям.

Структура и объём диссертации. Диссертационная работа Коржакова А.В. представлена на 250 страницах компьютерного текста, состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 211 источников, в том числе 34 источников на иностранном языке, приложения. Диссертация содержит 32 страницы приложений, 112 рисунков, 25 таблиц.

Во введении автор отразил актуальность выполненного исследования, цели и задачи, научную новизну, практическую значимость и основные научные положения, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена существующим методам снижения солеотложений в теплотехническом оборудовании в гидропонных теплицах. В пункте, посвященном конструкциям и основным характеристикам теплиц, дана классификация теплиц в соответствии со строительными требованиями, со способами компоновки, со способами расположения. Рассмотрены способы отопления теплиц, при этом сделан акцент на отопление геотермальной водой. В пункте, представляющем методы и оборудование для снижения солеотложений в теплотехнических системах, рассмотрены требования к качеству воды для котлов и методы снижения щелочности исходной воды, способы умягчения воды посредством реагентов и методом ионного обмена. В данной главе приведена информация о существующих схемах теплоснабжения, принципиальная схема геотермального теплоснабжения тепличного комплекса, рассмотрены существующие физические методы и оборудование для воздействия на солеотложения.

В главе проведён анализ воздействия магнитных и других физических полей на воду и биосистемы. В пункте анализа математических уравнений, описывающие электромагнитные поля, рассмотрены уравнения, описывающие распространение электромагнитных волн в ферритах. При анализе математических уравнений, описывающих акустические поля, были проанализированы уравнения для характеристик магнитострикционных преобразователей и уравнения колебаний твердых тел конечных размеров. На основе анализа приведены цели исследования и поставлены задачи исследования.

Во второй главе была сформулирована задача моделирования акусто-магнитного аппарата и установлены критерии подобия в общем виде. Для модернизации технологического процесса была изменена схема воздушно-конвекционного отопления тепличного комплекса с использованием геотермального источника энергии посредством установки аппарата для безреагентной обработки геотермальной воды. Также для модернизации технологического процесса предложено изменить схему растворного узла, добавив в неё аппарат для безреагентной обработки жидкости.

В ходе построения математической модели процессов, протекающих в акусто-магнитном аппарате, были установлены критерии геометрического подобия; критерии, связывающие физические параметры внешней среды и акусто-магнитного аппарата; критерии, устанавливающие отношение температуры окружающей среды к тепловому режиму работы устройства; критерии, устанавливающие условия на границах системы и кавитирующей жидкости. Было получено уравнение, связывающее результирующий признак (коэффициент противонакипного эффекта) с протекающими процессами в акусто-магнитном поле. Был произведён выбор управляемых параметров и дана оценка критериев подобия. Результаты исследования приведены в выводах по главе.

В третьей главе приведены разработанные технические решения, новые безреагентные способы обработки жидкости в тепличном производстве, новизна которых защищена патентами РФ № №2654334, 2641822. Приведены параметры акусто-магнитного аппарата и их выбор. Рассмотрены элементы ультразвуковой подсистемы акусто-магнитного аппарата из ферритовых материалов. В ходе исследования выявлено, что добротность для всех магнито-стрикционных материалов зависит от напряжённости магнитного поля, при этом для ферритов и никеля добротность зависит от амплитуды ультразвуковых колебаний. Выбраны электрические и магнитные параметры электромагнитной части акусто-магнитного аппарата. Представлена формула, позволяющая оценить динамику нагрева и определить установившуюся темпера-

туру перегрева акусто-магнитного аппарата. Приведены результаты моделирования физических процессов, происходящих в акусто-магнитном аппарате, в среде ELCUT 6.1. В результате моделирования создана геометрическая модель объекта исследований; заданы его свойства; проведено моделирование трёх видов импульсных напряжений и установлена лучшая форма, меандр; решена нелинейная задача стационарной теплопроводности; определены максимальная и минимальная напряженность в рабочей зоне модели акусто-магнитного аппарата; с целью определения эффективности сигнала импульсной формы, был произведен спектральный анализ гармоник напряженностей магнитного поля; решены задачи теории упругости и магнитного поля переменных токов. В результате моделирования определены оптимальные параметры модели аппарата. Проведено моделирование в реальном времени с заданием установочных параметров системы: скорости потока воды 1 м/с, входной температуры воды 78,9 °С, начального угла открытия входной заслонки 90°. Разработаны структурная, функциональная и принципиальная схемы системы автоматического управления техническим процессом обработки воды и обоснованы параметры составляющего оборудования.

В четвёртой главе была разработана общая методика выбора параметров моделей подобных аппаратов и модернизация методики планирования экспериментов с использованием критериев подобия. Сущность методики заключается в построении необходимого плана эксперимента и матрицы планирования. Матрица отличается от обычной тем, что в ней указываются не только значения критериев подобия, но и значения параметров, соответствующих данному численному значению. Шаг отклонения критериев подобия задаётся с помощью вариации параметров, входящих в них. Для проведения исследований был разработан лабораторный стенд, представляющий замкнутую систему теплоснабжения. В главе описана новая инженерная методика для расчета параметров акусто-магнитного аппаратов. В соответствии с матрицей планирования были проведены опыты и расчеты, определено критериальное уравнение регрессии, связывающее коэффициент

противонакипного эффекта с протекающими процессами в акусто-магнитном поле. Для подготовки к проведению производственных испытаний акусто-магнитных аппаратов, предназначенных для установки в систему геотермального отопления, был проведён ряд опытов, для выявления зависимости между выбранными после ПРЕСС-процедуры критериями подобия и противонакипным эффектом. Опыты проводились рандомизированно. Методика расчёта устанавливаемых на лабораторный стенд акусто-магнитных аппаратов не менялась в зависимости от того, какой солевой раствор обрабатывался, гидропонный или геотермальная вода. Проведена статистическая обработка экспериментальных данных для определения точечных оценок параметров закона распределения, где исключались грубые погрешности в результатах измерений с использованием критерия Шарлье. Получены уравнения регрессии, позволяющие определить рациональные режимы работы акусто-магнитного аппарата. Проверка гипотезы об адекватности модели показала, что относительная ошибка аппроксимации равна 2,93%. По предлагаемой методике и в соответствии с теорией подобия были изготовлены аппараты для обработки геотермальной воды на реальных объектах. Соискатель провёл сравнение результатов математического и физического моделирования основных физических процессов акустических, магнитных, электрических процессов, протекающих в акусто-магнитных аппаратах. Были сделаны выводы по главе.

В пятой главе соискатель привёл результаты технико-экономических расчетов: при производстве разработанного акусто-магнитного аппарата; при внедрении данного аппарата в системе теплоснабжения сельскохозяйственных потребителей. Расчетом показано, что предприятие при серийном производстве акусто-магнитного аппарата в количестве 1000 шт. в год может получить чистый дисконтированный доход 9927403 руб. и окупить инвестицию за 0,3 года. Соискатель рассчитал экономические показатели при внедрении акусто-магнитного аппарата в сельскохозяйственное производство с учетом факторов неопределенности и риска. Исследования экономических показате-

лей показали экономию эксплуатационных затрат при внедрении новой безреагентной технологии обработки теплоносителя в геотермальном тепличном комплексе площадью 5 Га в пределах 525000 руб. Результаты исследования технико-экономических показателей показывают эффективность предлагаемых мероприятий.

Диссертация содержит 15 выводов и предложения производству. Достоверность и обоснованность выводов и предложений производству доказаны и не вызывают сомнений. В целом диссертационная работа написана грамотно и понятным, литературным языком.

По материалам диссертации автор имеет 44 опубликованных работ по теме диссертации, в том числе 12 статей в международных базах данных Scopus и Web of Science, 11 статей в изданиях, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования РФ, одну монографию, 7 патентов на изобретения и способы.

Автореферат Коржакова А.В. отражает основные положения диссертационной работы. Оценивая диссертационную работу, как выполненную на уровне, соответствующем для докторских диссертаций, следует указать на ряд недостатков и замечаний.

Замечания по диссертационной работе и автореферату

1. В работе ее актуальность раскрыта слабо. Развитие геотермальной энергетики в действительности имеет ряд сдерживающих факторов, особенно в системе теплоснабжения, где требуется большие затраты на их использование. Эти затраты может привести к удорожанию конечного продукта. В работе не показана, какая существует научная проблема и что требуется решить в научных исследованиях.

2. В работе установлены критерий подобия, которые служат для оценки конкретных параметров, оказывающих влияние на конечные результаты. Тогда до критериев подобия следовало бы провести анализ технологических процессов с определенными параметрами и показателями, поэтому не обоснована необходимость всех приведенных критериев подобия.

3. По представленным результатам сложно оценить влияние конструктивных и режимных параметров предлагаемого аппарата на конечные показатели, особенно важным является исследование их взаимосвязи. Известно по отдельности как акустическая, так и электромагнитная система, какими параметрами они характеризуются. Предложено совместное их использование, и для этого необходимо исследование влияния их друг на друга и их взаимосвязь в процессе снижения солеобразования. В работе следовало бы исследовать взаимосвязи параметров, согласно предмету научного исследования.

4. В работе, согласно 3 задачи, не приведены результаты исследования на математической модели. Результатом исследования должны быть не только конкретные значения некоторых параметров аппарата, приведенные в 6-м выводе, а их значимость, являются ли они оптимальными и насколько допускается отклонение. При этом отсутствуют зависимости параметров аппарата от минерализованности термального теплоносителя.

5. Не ясно, в чем научная новизна в способе обработки жидкости в тепличном производстве. Способ обладает технической новизной и имеет практическую ценность. Также не ясно, в чем заключается научная новизна параметров магнитстрикционного преобразователя и АМА.

6. В экспериментальной части не приведены графические зависимости, которые наглядно представили бы результаты исследования и сравнительную оценку теоретических и опытных данных.

7. В экономической части не ясно чего добились в результате внедрения электротехнологии по обработке минерализованного теплоносителя, удастся ли снизить затраты и стоимость потребляемой тепловой энергии, и как понять $\mathcal{E}_{\text{ср}} = 5,4$, представленную без размера (стр.288), а в действительности она должна имеет размерность.

В целом, отмеченные выше замечания не снижают научную и практическую ценность работы Коржакова А.В.

Заключение

В целом, диссертационная работа «Режимные параметры акусто-магнитной электротехнологии снижения солеотложений в геотермальных гидропонных установках защищенного грунта» представляет законченный вид, имеет новизну, научную и практическую ценность, вносит существенный вклад в развитие электротехнологии в сельском хозяйстве, и позволяет считать её соответствующей требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени доктора технических наук.

Содержание диссертационной работы и автореферата, их объём, перечень исследований соответствует паспорту специальности 05.20.02 – электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве (технические науки). Основные разделы диссертации А.В. Коржакова отражают научное и практическое значение экспериментальных данных, дающих оценку режимным параметрам акусто-магнитной электротехнологии.

По объёму и глубине изучения представленных результатов исследований, степени их проработанности и анализа, научному и практическому значению, а также внедрение результатов исследований по снижению эксплуатационных затрат в тепличных комплексах с применением низко потенциального тепла имеет существенное значение для развития экономики страны.

Автор научной работы Коржаков Алексей Валерьевич заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 05.20.02 – электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве (технические науки).

Официальный оппонент:
доктор технических наук,
профессор

Шерязов
Сакен Койшыбаевич



Имя Шерязова С.К.
ДОСТОВЕРЯЮ
подпись Сакен Койшыбаевич
по кадрам Стр. Е.А. Фаткина

Ф.И.О, предоставившего отзыв	Шерязов Сакен Койшыбаевич
Ученая степень	Доктор технических наук
Ученое звание	Профессор
Специальность, по которой защищена диссертация	05.20.02 – Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве
Место работы	Кафедра «Энергообеспечение и автоматизация технологических процессов» ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»
Адрес	454080. г. Челябинск, пр. Ленина, 75
Телефон	89000243442
E-mail	sakenu@yandex.ru



Шерязов С.К.
ДОСТОВЕРЯЮ
 Визуально
 по координатам Физ. В.А. Филкина

Шерязов С.К.
 9.03.2012

С отзывом официального отзыва ознакомлен
 11.03.2012. *Коржиков А.В.*

Председателю диссертационного совета
Д 220.038.08 на базе
ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ
С. В. Оськину

Уважаемый Сергей Владимирович!

Я, Кондратьева Надежда Петровна, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Автоматизированный электропривод» ФГБОУ ВО «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия», согласна быть официальным оппонентом по диссертационной работе Коржакова Алексея Валерьевича на тему «Режимные параметры акусто-магнитной электротехнологии снижения солеотложений в геотермальных гидропонных установках защищенного грунта», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.20.02 – Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве.

Предоставляю необходимые сведения о себе и согласен на размещение этих сведений и отзыва на официальном сайте Кубанского ГАУ и в единой информационной системе, а также на включение моих персональных данных в аттестационное дело и их дальнейшую обработку.

Приложение: сведения об официальном оппоненте (1 экз. на 3 л.).

Доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой
«Автоматизированный электропривод»
ФГБОУ ВО «Ижевская государственная
сельскохозяйственная академия»
«09 12» 2020 г.

Н.П. Кондратьева

Подпись, ученую степень, звание и должность
Кондратьевой Надежды Петровны удостоверяю:

Подпись заверяю
Начальник управления по персоналу
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

Е.В. Пашкова

Председателю диссертационного совета Д 220.038.08 на базе
ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ
С. В. Оськину

Сведения об официальном оппоненте

по диссертационной работе Коржакова Алексея Валерьевича на тему «Режимные параметры акусто-магнитной электротехнологии снижения солеотложений в геотермальных гидропонных установках» защищенного грунта», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.20.02 – Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве.

Фамилия, Имя, Отчество	Кондратьева Надежда Петровна
Ученая степень	Доктор технических наук, 05.20.02 – Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве
Наименование диссертации	Повышение эффективности электрооблучения растений в защищенном грунте.
Ученое звание	Профессор
Полное наименование организации в соответствии с уставом на момент представления отзыва	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия»
Наименование подразделения	Кафедра «Автоматизированный электропривод»
Должность	Заведующий кафедрой «Автоматизированный электропривод»
Адрес организации места работы	Юридический адрес: 426069, Россия, ПФО, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11
Телефон и официальный сайт организации места работы	+7(3412)58-99-47 https://izhgsha.ru/

<p style="text-align: center;">Основные публикации официального оппонента, затрагивающие сферу диссертационного исследования соискателя</p>
<p>1. Кондратьева, Н.П. Разработка системы автоматического управления электрооборудованием для реализации энергосберегающих электротехнологий/ Н.П. Кондратьева, И.Р. Владыкин, И.А. Баранова, С.И. Юран, А.И. Батулин, Р.Г. Большин, М.Г. Краснолуцкая// Вестник НГИЭИ. – 2018. – № 6 (85). – С. 36-49.</p>
<p>2. Кондратьева, Н.П. Прогрессивные электротехнологии и электрооборудование/ Н.П. Кондратьева, С.И. Юран, И.Р. Владыкин, И.А. Баранова, Е.А. Козырева, В.А. Баженов// Вестник НГИЭИ. – 2016. – № 2 (57). – С. 49-57.</p>
<p>3. Kondrateva N., Vladykin I., Riabova O. Mathematical model of temperature mode for protected GROUND// International Journal of Mathematical Models and Methods in Applied Sciences. 2017. Т. 11. С. 124-129.</p>
<p>4. Кондратьева, Н.П. Сравнительный экспериментальный анализ по электромагнитной совместимости разрядных и светодиодных искусственных источников света для растениеводства/ Н.П. Кондратьева, П.В. Терентьев, Д.А. Филатов// Вестник НГИЭИ. – 2018. – № 12 (91). – С. 39-49.</p>
<p>5. Kondrateva N.P., Bolshin R.G., Belov V.V., Krasnolutskaaya M.G. Energy-saving electric equipment applied in agriculture// В сборнике: International Science and Technology Conference EastConf. 2019. С. 436-438.</p>
<p>6. Кондратьева, Н.П. Повышение эффективности системы теплоснабжения/ И.А. Баранова, Н.П. Кондратьева, И.Р. Владыкин., Е.А. Козырева// В сборнике: Энергоресурсосбережение в промышленности, жилищно-коммунальном хозяйстве и агропромышленном комплексе. Материалы регионального научно-практического семинара. – 2016. – С. 290-292.</p>
<p>7. Кондратьева, Н.П. Энергоресурсосберегающие электротехнологии и электрооборудование на предприятиях агропромышленного комплекса/ Н.П. Кондратьева, С.И. Юран, И.Р. Владыкин, И.А. Баранова, Е.А. Козырева, В.А. Баженов// В сборнике: Энергоресурсосбережение в промышленности, жилищно-коммунальном хозяйстве и агропромышленном комплексе. Материалы регионального научно-практического семинара. – 2016. – С. 304-312.</p>
<p>8. Кондратьева, Н.П. Обоснование применения ресурсосберегающих источников энергии/ Н.П. Кондратьева, М.Г. Краснолуцкая, Р.Г. Большин, А.И. Батулин, К.Ф. Глазырин// В сборнике: Научно-образовательная среда как основа развития агропромышленного комплекса и социальной инфраструктуры села. Материалы международной научно-практической конференции (посвященной 85-летию ФГБОУ ВО Чувашская ГСХА). ФГБОУ ВО "Чувашская государственная сельскохозяйственная академия". – 2016. – С. 435-440.</p>
<p>9. Кондратьева, Н.П. Цифровые технологии для реализации энергоресурсосберегающих электротехнологий и для автоматизации электрооборудования предприятий АПК/ Н.П. Кондратьева, С.И. Юран,</p>

И.Р.Владыкин, В.А.Баженов//В сборнике: Аграрная наука - сельскому хозяйству. материалы Национальной научно-практической конференции. ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА .– 2018. – С. 40-52.

10. Кондратьева, Н.П.Энергосберегающие электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве/ Н.П.Кондратьева, И.Р.Владыкин, И.А.Баранова, Р.Г.Большин, М.Г.Краснолуцкая//Инновации в сельском хозяйстве.– 2016.– № 4 (19). – С. 11-16.

11. Kondrateva N.P., Vladykin I.R., Litvinova V.M., Krasnolutsckaya M.G., Bolshin R.G.Energy-saving technologies and electric equipment applied in agriculture//Research in Agricultural Electric Engineering. 2016. № 2. С. 62-68.

Доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой
«Автоматизированный электропривод»
ФГБОУ ВО «Ижевская государственная
сельскохозяйственная академия»

«09» 12 2020 г.

Н.П. Кондратьева

Подпись, ученую степень, звание и должность
Кондратьевой Надежды Петровны удостоверяю:

Подпись заверяю:

Начальник управления по персоналу
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА



ОТЗЫВ

официального оппонента Кондратьевой Надежды Петровны,
доктора технических наук, профессора, на диссертационную работу

Коржакова Алексея Валерьевича

на тему «Режимные параметры акусто-магнитной электротехнологии снижения солеотложений в геотермальных гидропонных установках защищенного грунта», представленную в диссертационный совет Д 220.038.08 на базе ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т.Трубилина» на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 05.20.02 – электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве (технические науки).

1. Актуальность темы диссертации

Наиболее значимыми с точки зрения научно-технологического развития РФ потребностями являются обеспечение продовольственной безопасности и независимости, конкурентоспособность отечественной продукции на мировых рынках продовольствия (указ Президента РФ от 1 декабря 2016 г. №642).

Работа выполнена в соответствии с планом НИР ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» №ГР АААА-А16-116021110071-1 (2016-2020 гг.).

Актуальность диссертационного исследования обусловлена тем, что Россия располагает не только большими запасами органического топлива, но и геотермальными ресурсами, на порядок превышающими весь потенциал органического топлива, поэтому необходимо активно использовать геотермальные источники. Однако, в процессе геотермального теплоснабжения гидропонных теплиц на стенках оборудования системы теплоснабжения возникают солеотложения, ухудшаются теплотехнические характеристики отопительных приборов, возрастают гидравлические сопротивления трубопроводов, возможна их полная закупорка и выход системы из строя. Применяемые реагентные методы не позволяют предотвращать накипеобразование, а работают только по факту образования накипи. Для устранения указанных проблем автором диссертационного исследования была создана технология,

которая при низких эксплуатационных затратах демонстрирует высокие показатели устранения накипи на стенках теплотехнического оборудования. В основе такой технологии лежит одновременное использование электромагнитных и акустических полей высокой частоты.

2. Достоверность, обоснованность и новизна основных выводов и результатов диссертационной работы

Достоверность и обоснованность большинства полученных автором научных и практических результатов, сделанных выводов, рекомендаций и перспектив дальнейшей разработки темы, обеспечены широким использованием литературных источников по выбранной теме диссертации, применением методов физического моделирования, оригинальных методик, сочетающих методы планирования эксперимента и теории подобия.

Достоверность исследований подтверждается производственными испытаниями, апробацией результатов исследований в хозяйствах Республики Адыгея, в частности, в ЗАО «Радуга», сходимостью теоретических и экспериментальных данных.

Научную новизну работы составляют:

- обоснованные количество и состав критериев подобия, необходимых для описания процессов, происходящих в акусто-магнитном аппарате;
- уравнение, связывающее количество образованной накипи с протекающими процессами в акусто-магнитном поле через критерии подобия;
- математическая модель основных физических процессов, протекающих в акусто-магнитном аппарате, устанавливающая степень влияния параметров акусто-магнитного аппарата на степень солеотложения в минерализованных теплоносителях;
- новые безреагентные способы обработки жидкости в тепличном производстве при использовании геотермального низкопотенциального тепла;
- основные параметры магнитострикционного преобразователя и акусто-магнитного аппарата;
- модернизированная методика планирования эксперимента с использованием обобщённых факторов и критериев подобия.

Основные полученные автором результаты, сформулированные на основании анализа содержания разделов диссертации, отражены в заключении и итогах выполненной работы.

Вывод 1 фиксирует количество и состав критериев, необходимых для описания процессов, происходящих в акусто-магнитном аппарате. Приняты критерии подобия: геометрические, характеризующиеся равенством масштабов геометрических параметров по трем осям координат; электромагнитных полей, создаваемых периодическими переменными токами, которые дополнены критерием гомохронности; электродинамические; тепловых процессов.

Вывод отражает решение первой задачи исследования и следует из материалов второй главы диссертации.

Вывод 2 устанавливает, что на основе подобия процесса реакции нелинейной среды на линейное колебание излучателя получен критерий, учитывающий процессы кавитации жидкости в области аппарата. Предложенный метод определения критериев подобия основан на полевых методах математической физики. Вывод представляет связи между числами подобия, что позволяет проектировать и изготавливать акусто-магнитное оборудование различного типоразмера.

Вывод отражает решение первой задачи исследования и следует из материалов второй главы диссертации.

Вывод 3 свидетельствует о том, что получено уравнение, связывающее количество образованной накипи с протекающими процессами в акусто-магнитном поле через критерии подобия $\xi_{\text{рп}} = f(\pi_{ij})$. В выводе утверждается, что данную функциональную связь можно применять для расчета количества образованной накипи в различных случаях.

Вывод сделан по материалам второй главы диссертации, содержит решение второй задачи.

Вывод 4 констатирует факт разработки математической модели основных физических процессов, протекающих в акусто-магнитном аппарате, с

целью установления степени влияния параметров аппарата на степень солеотложения при работе системы теплоснабжения с геотермальным минерализованным теплоносителем.

Утверждается, что полученная математическая модель в виде системы уравнений может быть решена с использованием обобщения совокупного опыта отработки аналогов в виде критериальных комплексов параметров. В выводе обоснованы основные параметры с соответствующими расчетными формулами для определения значений характеристик магнитострикционного преобразователя.

Вывод сделан по материалам четвертой главы диссертации, содержит решение третьей задачи.

Вывод 5 носит информационный характер, отмечает, что разработаны новые безреагентные способы обработки жидкости в тепличном производстве с использованием минерализованных теплоносителей, новизна которых защищена патентами РФ №№ 2654334, 2641822, получены функциональные, структурные схемы электротехнологических процессов, принципиальные электрические схемы отдельных узлов, а также конструктивные решения электротехнологического оборудования, защищенные патентами на изобретение № 2635591, № 2641137, № 2646091, № 2646989.

Вывод основан на материалах третьей главы диссертации и является решением четвертой задачи.

Вывод 6 констатирует результаты проведения математической обработки результатов моделирования, оптимальные параметры акустомагнитных аппаратов для предотвращения накипеобразования на внутренних поверхностях теплотехнического оборудования с использованием минерализованных теплоносителей.

Вывод обоснован, информативен и является решением пятой задачи.

Вывод 7 сделан на основании проведенного в среде ELCUT моделирования, в результате которого была создана геометрическая модель объекта

исследований; заданы его свойства; проведено исследование трёх видов импульсных напряжений и установлена лучшая форма, а именно: меандр; решена нелинейная задача стационарной теплопроводности; определены максимальная и минимальная напряженность в рабочей зоне модели акусто-магнитного аппарата; с целью определения эффективности сигнала импульсной формы, был произведен спектральный анализ гармоник напряженностей магнитного поля; решены задачи теории упругости и магнитного поля переменных токов.

Вывод основан на результатах третьей главы диссертации.

Вывод 8 свидетельствует о том, что разработаны структурная и функциональная схемы акусто-магнитной электротехнологии в гидропонных установках с использованием минерализованных теплоносителей, а также схемы системы автоматического управления техническим процессом обработки воды. Обоснованы параметры составляющего оборудования: максимальное давление жидкости в системе - 64 атм; мощность электродвигателя привода заслонки – не более 6 Вт; время поворота шарового крана на 90° – 15с; максимальная температура жидкости $+100^\circ\text{C}$.

Вывод основан на материалах третьей главы диссертации и является решением шестой задачи.

Вывод 9 констатирует результаты модернизации методики планирования эксперимента с использованием обобщённых факторов и критериев подобия. Методика отличается тем, что в матрице планирования указываются не только значения критериев подобия, но и значения параметров, соответствующих данному численному значению. Шаг отклонения критериев подобия задаётся с помощью вариации параметров, входящих в них.

Вывод основан на материалах четвёртой главы диссертации и является решением седьмой задачи.

Вывод 10 представляет информацию о лабораторном стенде и макетных образцах акусто-магнитного аппарата, проведенной статистической об-

работке экспериментальных данных для определения точечных оценок закона распределения с использованием критерия Шарлье. Полученные уравнения регрессии позволяют определить рациональные режимы работы акусто-магнитного аппарата. Проверены гипотезы об адекватности модели. Для каждого акусто-магнитного аппарата проведены опыты по определению противонакипного эффекта и вычислены все коэффициенты подобия. Результаты анализа показали коэффициенты подобия, представляющие адекватную модель. В результате оптимизации параметров аппарата получены следующие значения: $n=748$ витков; $f=34100$ Гц; $U=59$ В.

Вывод основан на материалах четвертой главы диссертации и является решением восьмой задачи.

Вывод 11 отражает сопоставление результатов математического и физического моделирования основных физических процессов, протекающих в акусто-магнитных аппаратах.

Вывод основан на материалах четвертой главы диссертации и является решением девятой задачи.

Вывод 12 носит информационный характер, отмечает, что по предлагаемой методике и в соответствии с теорией подобия был изготовлен аппарат для обработки геотермальной воды для реального объекта. Исходными данными были следующие: температура окружающей среды (воздуха) не более 35 °С; диаметр подающей трубы 159 мм; температура геотермальной воды 85 °С; режим работы постоянный; производительность процесса обработки воды 90 м³/час, давление 4 атм. Основные характеристики аппарата: установлен на трубе диаметром 75 мм, скорость жидкости в трубе $0,41$ м/с, в излучателе использовано ферритовое кольцо М2000НМ, $125 \times 80 \times 12$, резонансная частота колебаний 14782 Гц, число витков обмотки одной фазы – 208 , диаметр провода обмотки – $0,67$ мм, ток – 1 А, потребляемая мощность – около 150 Вт, масса магнитопровода – $0,472$ кг, коэффициент противонакипного эффекта – $0,99$.

Вывод 13 носит информационный характер, отмечающий, что прове-

денные в 2016-2018 гг. на геотермальных источниках ЗАО «Радуга» (Майкопское месторождение) экспериментальные исследования по защите металла оборудования от коррозии и его отмывке от солеотложения показали, что акусто-магнитная обработка воды позволяет не только эффективно защитить металл от коррозии, но и удалять уже имеющиеся отложения солей и продуктов коррозии в системе теплоснабжения. Акусто-магнитный аппарат также был установлен в систему подачи гидропонного раствора и показал следующую эффективность: на экспериментальных участках урожайность выращиваемых сортов огурцов на 20 % превысила урожайность на контрольных участках; важный показатель плодоношения, длина междоузлий, увеличился на 25 % на экспериментальных участках.

Вывод 14 подтверждает научную гипотезу о том, что одновременное воздействие акустического и магнитного поля на геотермальную воду позволяет снизить энергопотребление электротехнологической установки и улучшить эксплуатационные характеристики. На основании сравнения показателей для различных аппаратов безреагентной обработки жидкости можно сделать вывод о том, что разработанная конструкция акусто-магнитного аппарата при одной и той же производительности имеет энергоемкость процесса на два порядка ниже по сравнению с оборудованием магнитной обработки.

Вывод 15 демонстрирует результаты расчёта экономической эффективности мелкосерийного производства акусто-магнитных аппаратов: при цене устройства 71685 рублей и ежегодной реализации 1000 штук годовая прибыль составит 17 млн. руб., и чистый дисконтированный доход за три года составит 9,9 млн. руб., срок окупаемости капиталовложений – 0,3 года. Экономия эксплуатационных затрат при внедрении новой безреагентной технологии обработки теплоносителя в геотермальном тепличном комплексе площадью 5 Га составила 525000 руб. Дополнительный годовой экономический эффект от внедрения интенсивной технологии обработки гидропонного раствора в геотермальной теплице по выращиванию огурцов, в расчете на две делянки (0,016 га), составил 395 тыс. руб.

Вывод основан на материалах пятой главы диссертации и является решением десятой задачи.

По заключению и итогам выполненной работы можно сделать некоторые **замечания**:

1. Предложения и рекомендации производству даны слишком обобщенно, без указаний конкретных условий применения полученных значений оптимальных параметров и рекомендуемых режимов работы.

2. В выводе 12 по итогам выполненной работы потребляемая мощность аппарата около 150 Вт, а в выводе 8 по четвертой главе указана мощность около 15 Вт для аппарата с теми же техническими характеристиками.

Таким образом, в выводах отображены все результаты и решения всех задач исследования. Все выводы в достаточной степени обоснованы и достоверны. Их новизна подтверждена патентами, полученными автором.

Основные положения диссертационной работы достаточно полно отражены в опубликованных автором печатных работах, апробированы на международных и всероссийских научно-практических конференциях.

3. Значимость для науки и практики полученных результатов

Новыми научными результатами, полученными лично соискателем, являются:

- обоснованы количество и состав критериев подобия, необходимых для описания процессов, происходящих в акусто-магнитном аппарате;
- выведено уравнение, связывающее количество образованной накипи с протекающими в акусто-магнитном поле процессами через критерии подобия;
- построена математическая модель основных физических процессов, протекающих в акусто-магнитном аппарате, устанавливающая степень влияния параметров акусто-магнитного аппарата на степень солеотложения в минерализованных теплоносителях;
- получены новые безреагентные способы обработки жидкости в тепличном производстве при использовании геотермального низкопотенциального теп-

ла;

- определены основные параметры магнитоотрицательного преобразователя и акусто-магнитного аппарата;
- разработана модернизированная методика планирования эксперимента с использованием обобщённых факторов и критериев подобия.

Практическая значимость исследований заключается в следующем:

- полученные критерии подобия позволяют проектировать и изготавливать акусто-магнитное оборудование различного типоразмера;
- уравнение, связывающее количество образованной накипи с процессами в акусто-магнитном поле через критерии подобия, можно применять для расчета минимального накипеобразования в оборудовании при его работе на геотермальном минерализованном теплоносителе;
- математическая модель основных физических процессов, протекающих в акусто-магнитном аппарате, может быть использована для обобщения совокупного опыта отработки аналогов в виде критериальных комплексов параметров;
- новые безреагентные способы обработки жидкости могут применяться не только в тепличном производстве, но и в других технологиях сельского хозяйства при использовании геотермального низкопотенциального тепла; новизна способов защищена патентами РФ № 2654334, №2641822;
- получены конструктивные решения электротехнологического оборудования (патенты РФ № 2635591, №2641137, №2646091, №2646989), которые могут быть реализованы на предприятиях-производителях электротехнических аппаратов;
- значения параметров и соответствующие расчетные формулы акусто-магнитного аппарата, необходимые для определения рациональных режимов работы оборудования и конструирования аппаратов для других производительностей и типоразмеров;
- модернизированная методика планирования эксперимента с использованием обобщённых факторов и критериев подобия позволяет разработать план эксперимента, провести его с наименьшей трудоемкостью и получить оп-

тимальное значение параметров акусто-магнитного аппарата;

- структурные, функциональные и принципиальные схемы акусто-магнитной электротехнологии в гидропонных установках и системы автоматического управления техническим процессом обработки воды, которые могут быть использованы при разработке технологии обработки и других жидкостей;
- уравнения регрессии, позволяющие определить рациональные режимы работы акусто-магнитного аппарата;
- результаты моделирования в среде ELCUT могут использоваться в дальнейшем в виде геометрической модели объекта исследований для исследования влияния различных видов напряжений, решения нелинейных задач стационарной теплопроводности, определения характеристик магнитного поля в рабочей зоне акусто-магнитного аппарата;
- программы, реализованные в среде CoDeSys, можно применять для различных контроллеров при проведении автоматизации акусто-магнитной обработки теплоносителя в системах теплоснабжения объектов;
- результаты внедрения акусто-магнитной технологии в теплицах на теплотехническом оборудовании и в системе подготовки гидропонного раствора подтверждают высокую эффективность данной электротехнологии.

4. Оценка содержания диссертации, её завершённость в целом и замечания по её оформлению

Структура и объём диссертации. Диссертация изложена на 350 страницах компьютерного текста, из которых основной текст 317 страниц, список использованной литературы 20 страниц и приложения 32 страницы. Текст диссертации иллюстрирован 112 рисунками и 25 таблицами. Список использованной литературы включает 211 наименований, из которых 34 на иностранном языке.

Во введении обоснована актуальность и степень разработанности темы исследований, отражены цель работы, задачи исследований, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, методология и методы исследований, положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробация работы.

Замечания отсутствуют.

В первой главе представлена классификация теплиц в соответствии с технологическими требованиями, со способами компоновки, со строительными требованиями; способы, с помощью которых можно отапливать теплицы в зимнее время года; рассмотрено использование термальных вод в таких странах как США, Исландия, Италия, Франция, Филиппины, Япония, Новая Зеландия, Мексика, Никарагуа, Болгария, Венгрия, Турция, Китайи др. Установлено, что в России геотермальное производство сконцентрировано на Северном Кавказе и на Камчатке. Рассмотрены методы и оборудование для снижения солеотложения в теплотехнических системах. Выявлены факторы коррозионного воздействия геотермальных вод на металл. Описаны основные способы умягчения воды для теплосетей. Дан обзор реагентных методов обработки воды, используемых в теплосистемах. Рассмотрены схемы теплоснабжения. Приведена принципиальная схема геотермального теплоснабжения тепличного комплекса. Рассмотрены существующие физические методы и оборудование для воздействия на солеотложения. Проведён анализ воздействия магнитных и других физических полей на воду и биосистемы. Анализ показал, что отсутствует единая точка зрения на сущность магнитной обработки и её место в научной методологии, теоретические и экспериментальные обоснования расчетов магнитных устройств в зависимости от качества воды. Проведён анализ математических уравнений, описывающих электромагнитные поля. Рассмотрено распространение электромагнитных волн в ферритах. Проведён анализ математических уравнений, описывающих акустические поля. В итоге выявлена научная проблема, сформулирована научная гипотеза, поставлена цель и задачи исследования, определён объект и предмет исследования.

Замечания относятся к качеству отдельных рисунков.

Во второй главе была сформулирована математическая задача моделирования акусто-магнитного аппарата и установлены критерии подобия. Для модернизации технологического процесса системы воздушно-конвек-

ционного отопления тепличного комплекса с использованием геотермального источника энергии предложено изменить схему, добавив в неё аппарат для безреагентной обработки жидкости. Для модернизации технологического процесса предложено изменить схему растворного узла, добавив в неё аппарат для безреагентной обработки жидкости и шламоотделитель.

Получена математическая модель процессов, протекающих в акусто-магнитном аппарате. Установлены критерии начального состояния цепи, в которой имеются взаимные индуктивности, критерии, связывающие физические параметры внешней среды и акусто-магнитный аппарат. Установлены критерии для отношения температуры окружающей среды к тепловому режиму работы устройства. Установлен критерий для условий на границах системы и кавитирующей жидкости. Установлены обобщенные критерии геометрических параметров разных типов и конструкций акусто-магнитного аппарата. Сделаны выводы по главе.

Замечания

В выводе 10 по главе диссертации записано выражение для коэффициента противонакипного $\xi_{рпв} = f(\pi_{ij})$, однако в тексте главы в формуле (2.192) коэффициент противонакипного эффекта имеет другой нижний индекс.

В третьей главе проведен синтез структурной и функциональной схем акусто-магнитной электротехнологии. Проведено моделирование физических процессов, происходящих в акусто-магнитном аппарате в среде ELCUT. На первом этапе создана задача типа «Магнитное поле переменных токов» и построена геометрическая модель аппарата. Заданы физические свойства объекта, граничные условия и электрическая цепь. На втором этапе решена задача типа «Нелинейная задача стационарной теплопроводности». Исходя из требований к автоматической системе безреагентной обработки жидкости, сформирован список элементов, разработана структурная, функциональная и принципиальные схемы.

Замечания: большое количество выводов по этой главе (13 выводов), можно было некоторые выводы объединить, например, 10 и 11.

В четвёртой главе представлены методики и результаты экспериментальных исследований. Новая методика позволила объединить методы теории подобия и моделирования с методологией планирования экспериментов. Для проведения исследований был изготовлен лабораторный стенд. Для получения значений результирующего признака использовался кристаллооптический способ. Разработана инженерная методика расчёта параметров акусто-магнитных аппаратов. Процесс проектирования был существенно ускорен и облегчен посредством использования опытных данных ранее изготовленных устройств. Был реализован полный факторный эксперимент 2^2 . После получения результатов опытов проведена статистическая обработка результатов. Для определения точечных оценок закона распределения, были исключены грубые погрешности в результатах измерений, для этого использовался критерий Шарлье. Проведённый статистический анализ результатов эксперимента выявил однородности дисперсии опытов, дисперсии воспроизводимости эксперимента. Средняя относительная ошибка аппроксимации составила $\bar{e}_{\text{откл}} = 0,87 \%$.

В процессе подготовки к проведению производственных испытаний акустомагнитного аппарата, проведён ряд опытов для установления зависимости между выбранными после ПРЕСС-процедуры критериями подобия и противонакипным эффектом. Результаты ПРЕСС-модели имеют относительную ошибку аппроксимации менее 5%. Было принято решение изучить область оптимума посредством отбрасывания незначительных факторов и построения плана полного факторного эксперимента 2^k , сохраняя при этом идею пошагового поиска. После перевода значимых коэффициентов подобия в натуральные величины и анализа размерности были выявлены физические закономерности явлений посредством функциональных зависимостей между величинами. Выявленные три независимые величины из четырёх критериев подобия полностью описывают процесс, связывающий противонакипный показатель с процессами в акусто-магнитном поле для трубы с внешним диаметром 32 мм и ферритового кольца 64x40x9,7мм. При реализации матрицы планирования была получена неадекватная модель, и при крутом восхожде-

нии получить параметры оптимизации не удалось, после чего было принято решение построить план второго порядка для описания области оптимума. Для этого использован ортогональный план второго порядка. Для проверки адекватности модели рассчитана дисперсия и использован критерий Фишера. Полученное значение эффективности акусто-магнитной обработки геотермальной воды было подтверждено на опыте после трёхлетней эксплуатации на геотермальной скважине в ЗАО «Радуга».

Замечания

- 1 Проверка гипотезы о распределении случайных величин и вычисление коэффициентов уравнений регрессий изложены слишком подробно.
- 2 Следовало бы более расширенно показать результаты проведения ПРЕСС-процедуры.

В пятой главе проведены технико-экономические расчеты. Постановка на серийное производство акусто-магнитных аппаратов с ежегодным выпуском 1000 шт. позволит предприятию получить чистый дисконтированный доход в размере 9927403 руб. и окупить инвестиции за 0,3 года; при этом цена акусто-магнитных аппаратов составляет 71 685 руб., а ежегодная прибыль – 17 428 200 руб. Рассчитан ожидаемый интегральный эффект, который составил 3 064 446 руб. Рассчитаны экономические показатели при внедрении акусто-магнитного аппарата в сельскохозяйственное производство с учетом факторов неопределенности и риска. Экономия эксплуатационных затрат при внедрении новой безреагентной технологии обработки теплоносителя в геотермальном тепличном комплексе площадью 5 Га составила 525000 руб. Дополнительный годовой экономический эффект от внедрения интенсивной технологии обработки гидропонного раствора в геотермальной теплице по выращиванию огурцов, в расчете на две делянки (0,016 га), составил 395 тыс. руб.

Замечания отсутствуют.

5. Оценка диссертационной работы в целом

Исследования по снижению солеотложений в геотермальных гидро-

понных установках защищенного грунта посредством акусто-магнитной обработки соответствует паспорту специальности 05.20.02 – электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве (технические науки) и требованиям пунктов 9,11,13,14 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842 (с изменениями от 21.04.2016). Необходимо отметить, что наиболее ценной для науки является 2 глава диссертации, в которой разработаны теоретические основы, а наиболее ценной для практики 4 глава диссертации, в которой представлены экспериментальные исследования по защите металла оборудования от коррозии и его отмывке от солеотложения, показавшие, что акусто-магнитная обработка воды позволяет не только эффективно защищать металл от коррозии, но и удалять уже имеющиеся отложения солей и продуктов коррозии в системе теплоснабжения.

Степень обоснованности научных рекомендаций их достоверности и новизна. Достоверность результатов и основных выводов подтверждается высокой степенью согласованности теоретических исследований с общим объёмом экспериментальных данных. В основе экспериментальных исследований лежат лабораторные и производственные опыты, а также методы физического моделирования.

6. Подтверждение опубликованных основных результатов в научной печати и соответствие автореферата диссертации

Анализ 44 опубликованных работ соискателя А.В. Коржакова показал, что они отражают основные положения диссертационной работы. В автореферате приведён список из 44 работ, отражающих основные положения диссертации, в том числе в 12 статьях в международных базах данных Scopus и Web of Science, 11 статьях в изданиях, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования РФ.

Количество публикаций, в которых изложены основные научные результаты диссертации, в рецензируемых журналах соответствует п.13 Положения Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842

«О порядке присуждения учёных степеней».

7. Общие заключения по диссертации

Отмеченные выше замечания не снижают научную и практическую ценность работы.

В целом диссертационная работа Коржакова Алексея Валерьевича «Режимные параметры акусто-магнитной электротехнологии снижения солеотложений в геотермальных гидропонных установках защищенного грунта» по актуальности темы, объёму выполненных автором исследований и разработанным теоретическим положениям, научной новизне полученных результатов и их практической значимости с учётом сведений об апробации, публикациях и внедрения является законченной научной квалификационной работой, в которой была решена научная проблема, имеющая важное экономическое и хозяйственное значение для развития современного сельского хозяйства, так как в ней изложены новые научно обоснованные технические, технологические решения, внедрение которых вносят значительный вклад в развитие региона. Следует отметить также и большое народнохозяйственное значение выполненной диссертационной работы.

Полученные в результате исследований выводы и рекомендации обладают достоверностью и новизной, в целом глубоко аргументированы. Основные результаты исследований соискателя в достаточной степени представлены в печатных работах, в том числе в изданиях из перечня ВАК. Работа имеет внутреннее единство, выполнена на высоком научном уровне.

Диссертация соответствует паспорту специальности 05.20.02. По объёму выполненных исследований, актуальности, научной новизне и практической значимости диссертационная работа «Режимные параметры акусто-магнитной электротехнологии снижения солеотложений в геотермальных гидропонных установках защищенного грунта» соответствует требованиям пунктов 9, 11, 13, 14 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842 (с изменениями от 21.04.2016), а её автор – **Коржаков Алексей Валерьевич** за-

служивает **присуждения** учёной степени доктора технических наук по специальности 05.20.02 –Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве (технические науки).

Официальный оппонент,
заведующий кафедрой
«Автоматизированный электропривод»
ФГБОУ ВО «Ижевская ГСХА»
доктор технических наук,
профессор



Кондратьева
Надежда Петровна

Подпись Кондратьевой Н. П. **заверяю**

Начальник управления по персоналу
ФГБОУ ВО «Ижевская ГСХА»




Пашкова Е. В.

Ф.И.О лица, предоставившего отзыв	Кондратьева Надежда Петровна
Ученая степень	Доктор технических наук
Ученое звание	Профессор
Специальность, по которой защищена диссертация	05.20.02 - Электротехнологии и электро- оборудование в сельском хозяйстве
Место работы	ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА
Адрес	426069, Ижевск, ул. Студенческая, дом 11
Телефон	+ 7 3412 58 99 64
E-mail	aep_isha@mail/ru

С отзывом официального оппонента ознакомлен

11.03.2021г.

 Козманов А.В.

Председателю диссертационного
совета Д 220.038.08 на базе
ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ
С. В. Оськину

Уважаемый Сергей Владимирович!

Я, Загинайлов Владимир Ильич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры электроснабжения и электротехники имени академика И.А. Будзко, института механики и энергетики имени В.П. Горячкина, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, согласен быть официальным оппонентом по диссертационной работе Коржакова Алексея Валерьевича на тему «Режимные параметры акусто-магнитной электротехнологии снижения солеотложений в геотермальных гидропонных установках защищенного грунта», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.20.02 – Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве.

Предоставляю необходимые сведения о себе и согласен на размещение этих сведений и отзыва на официальном сайте Кубанского ГАУ и в единой информационной системе, а также на включение моих персональных данных в аттестационное дело и их дальнейшую обработку.

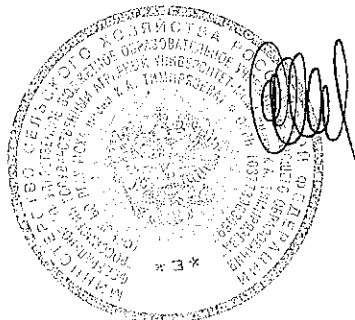
Приложение: сведения об официальном оппоненте (1 экз. на 3 л.).

Доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры электроснабжения и
электротехники имени академика И.А.
Будзко института механики и энергетики
имени В.П. Горячкина, ФГБОУ ВО
РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
«08» декабря 2020 г.



В. И. Загинайлов

Подпись, ученую степень, звание и должность
Загинайлова Владимира Ильича удостоверяю



ПРОРЕКТОР
ПО КАДРОВОЙ ПОЛИТИКЕ И
ИМУЩЕСТВЕННОМУ КОМПЛЕКСУ

И. О. СТЕПАНЕЛЬ

Председателю диссертационного
совета Д 220.038.08 на базе
ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ
С. В. Оськину

Сведения об официальном оппоненте

по диссертационной работе Коржакова Алексея Валерьевича на тему «Режимные параметры акусто-магнитной электротехнологии снижения солеотложений в геотермальных гидропонных установках защищенного грунта», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.20.02 – Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве.

Фамилия, Имя, Отчество	Загинайлов Владимир Ильич
Ученая степень	Доктор технических наук, 05.20.02 – Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве
Наименование диссертации	Электрофизические методы и средства кон- троля и управления сельскохозяйственными технологиями
Ученое звание	Профессор
Полное наименование ор- ганизации в соответствии с уставом на момент представления отзыва	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»
Наименование подразделе- ния	Кафедра электроснабжения и электротехники имени академика И.А. Будзко
Должность	Профессор кафедры электроснабжения и электротехники имени академика И.А. Будзко
Адрес организации места работы	Юридический адрес: 127550, г. Москва, Тимирязевская ул., 49.

<p>Телефон и официальный сайт организации места работы</p>	<p>Контактные телефоны: (499) 976-0480; (499) 976-2050. Адреса электронной почты: info@rgau-msha.ru</p>
<p>Основные публикации официального оппонента, затрагивающие сферу диссертационного исследования соискателя</p>	
<p>1. Загинайлов В.И., Мамедов Т.А. Обобщенная оценка энергоэффективности централизованного электроснабжения и производства продукции/ Мамедов Т.А., Загинайлов В.И. // Энергобезопасность и энергосбережение. - 2019. -№ 3.- С. 33-36.</p>	
<p>2. Загинайлов В.И., Андреев С.А. Технические средства для осциллирующего подключения грунтовых теплообменников в системах отопления с тепловыми насосами/ С.А.Андреев, В.И. Загинайлов // Международный технико-экономический журнал. -2018. -№ 6.- С. 143-145.</p>	
<p>3. Загинайлов В.И., Ещин А.В., Стушкина Н.А.Снижение энергоемкости производства продукции / В.И. Загинайлов, А.В. Ещин, Н.А. Стушкина //Сельский механизатор. -2016. -№ 2.- С. 27-28.</p>	
<p>4. Загинайлов В.И., Судник Ю.А., Иванов Ю.Г.Энергосберегающие системы управления электротеплоснабжением сельскохозяйственных объектов / В.И. Загинайлов, Ю.А.Судник, Ю.Г.Иванов // Вестник ВИЭСХ.- 2016. -№ 4 (25).- С. 29-33.</p>	
<p>5. Andreev Sergey, Zaginaylov Vladimir, Matveev Andris. Energy-saving management. MATEC Web of Conferences Volume 245 (2018) International Scientific Conference on Energy, Environmental and Construction Engineering (EECE-2018). 06014. Saint-Petersburg, Russia, November 19-20, 2018. Published online: 05 December 2018., 6 p.</p>	
<p>6. Загинайлов В.И., Ещин А.В., Попов А.И., Стушкина Н.А. Пути снижения энергоемкости производства сельскохозяйственной продукции/ В.И. Загинайлов, А.В. Ещин, А.И. Попов, Н.А. Стушкина// В сборнике: Доклады ТСХА. Материалы Международной научной конференции.- 2017.- С. 278-280.</p>	
<p>7. Загинайлов В.И., Андреев С.А. Энергоресурсосбережение в микроволновых установках сельскохозяйственного назначения: монография/ С.А.Андреев, В.И. Загинайлов. «Мегаполис». - Москва, 2020.-126 с.</p>	
<p>8. Загинайлов В.И., и др. Моделирование электрофизических свойств растительных объектов – нагрузки электропитающих устройств и систем/ В.Г. Ляпин, В.И. Загинайлов, А.В. Соболев, Д.С. Болотов, М.В. Самохвалов // В сборнике: ДОКЛАДЫ ТСХА. Материалы международной научной конференции. -2018.- С. 186-188.</p>	
<p>9. Загинайлов В.И., Логинова И.А., Ещин А.В., Стушкина Н.А. Оценка</p>	

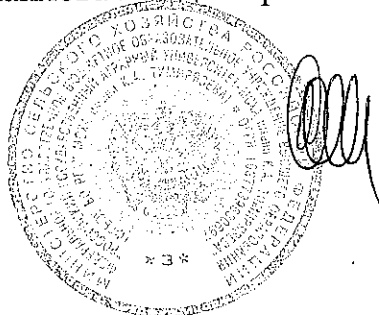
энергоэффективности производства продукции сельскохозяйственным предприятием/ В.И. Загинайлов, И.А. Логинова, А.В. Ещин, Н.А. Стушкина. В сборнике: ДОКЛАДЫ ТСХА. Материалы международной научной конференции.- 2018.- С. 184-186.

10. Загинайлов В.И. Овсянникова Е.А., Мамедов Т.А. Определение электропотребления приемников и потребителей электрической энергии/ Е.А. Овсянникова, В.И. Загинайлов, Т.А. Мамедов//В сборнике: Передовые достижения в применении автоматизации, роботизации и электротехнологий в АПК. Сборник статей научно-практической конференции, посвященной памяти академика РАСХН, д.т.н., профессора И.Ф. Бородина (90 лет со дня рождения). - 2019. -С. 274-284.

Доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры электроснабжения и
электротехники имени академика И.А.
Будзко института механики и энергетики
имени В.П. Горячкина, ФГБОУ ВО
РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
« 08 » декабрь 2020 г.

В. И. Загинайлов

Подпись, ученую степень, звание и должность
Загинайлова Владимира Ильича удостоверяю



ПРОРЕКТОР
ПО КАДРОВОЙ ПОЛИТИКЕ И
ИМУЩЕСТВЕННОМУ КОМПЛЕКСУ

И. О. СТЕПАНЕЛЬ

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, профессора, профессора кафедры «Электроснабжение и электротехника имени академика И.А. Будзко» ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева Загинайлова Владимира Ильича на диссертационную работу Коржакова Алексея Валерьевича «РЕЖИМНЫЕ ПАРАМЕТРЫ АКУСТО-МАГНИТНОЙ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ СНИЖЕНИЯ СОЛЕОТЛОЖЕНИЙ В ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ГИДРОПОННЫХ УСТАНОВКАХ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА» представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по научной специальности 05.20.02 - «Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве» (технические науки)

1. Актуальность темы диссертации обусловлена тем, что Россия располагает не только большими запасами органического топлива, но и геотермальными ресурсами. Так тепловой потенциал разведанных геотермальных месторождений Краснодарского края и Республики Адыгея превышает 3800 ГДж в год, что составляет более 71% от количества тепловой энергии, выработанной Кубаньэнерго в 2000 г, однако в системах теплоснабжения края и республики используется менее 5% этого потенциала.

Чтобы обеспечить высокую эффективность использования термальных источников, для теплоснабжения тепличных хозяйств и комплексов, необходимо обеспечить и очистку геотермальных вод от солей, так как в процессе теплоснабжения возникают накипеобразования – солеотложения на стенках теплоэнергетического оборудования, ухудшаются теплотехнические характеристики отопительных приборов, возрастают гидравлические сопротивления трубопроводов, до полной их закупорки и выходу теплоэнергетической системы из строя.

Поэтому диссертационная работа Коржакова А.В. выполненная на тему: «Режимные параметры акусто-магнитной электротехнологии снижения солеотложений в геотермальных гидропонных установках защищенного грунта» является актуальной.

Применяемые, в настоящее время, методы по очистке геотермальных вод не позволяют в достаточной степени предотвращать их солеотложения. Для устранения указанного недостатка автором создана электротехнология, в основе которой лежит одновременное воздействие магнитных и акустических полей высокой частоты на

жидкости, обеспечивающее устранение солеотложения на стенках теплотехнического и технологического оборудования теплиц.

2. Структура и объём диссертации. Работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы, включающего 211 наименований, в том числе 35 источников на иностранном языке, приложения. Диссертация изложена на 350 страницах компьютерного текста, в том числе на 317 страницах основного текста и на 32 страницах приложений, содержит 112 рисунков и 25 таблиц.

Исследования по снижению солеотложений в геотермальных установках защищенного грунта посредством акусто-магнитной обработки соответствует паспорту специальности 05.20.02 – электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве (технические науки), в части разработка методологических основ создания надежного и экономичного энергоснабжения сельскохозяйственных потребителей, разработка новых технических средств.

3. Оценка содержания диссертации.

Во введении обоснована актуальность и степень разработанности темы исследований, отражены цель работы, задачи исследований, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, методология и методы исследований, положения выносимые на защиту, степень достоверности и апробация работы.

При обосновании актуальности автор наряду с проблемой солеотложений на теплоэнергетическом оборудовании при теплоснабжении, с использованием вод геотермальных источников, большое внимание очистке гидропонных растворов при выращивании растений в теплицах.

Эти две совершенно разные технологии по качеству используемых вод, объединены в названии диссертации «геотермальные гидропонные установки» и разработанные акусто-магнитные аппараты (АМА) применялись, как для обработки геотермальных вод, так и безо всяких объяснений, для обработки гидропонных растворов. Если, эффективность обработки геотермальных вод оценивалась по солеотложению и проведено объяснение данного эффекта, то оценка эффективности обработки гидропонных растворов оставлена без внимания. Все же следует отметить что оценка была проведена косвенно, по прибавке урожайности огурцов.

В первой главе рассмотрены агротехнологии защищенного грунта для выращивания теплолюбивых культур, дана классификация теплиц. Было выявлено, что

для юга России характерно применение геотермальных источников при теплоснабжении тепличных комплексов. При анализе состояния теплотехнического оборудования, используемого при теплоснабжении от геотермальных источников, было выявлено, что отложение различных солей на стенках теплоэнергетических аппаратов приводит к резкому снижению эффективности их работы, перерасходу топлива и частым остановкам для очистки теплотехнического оборудования от отложений соли.

Соискателем был проведён анализ существующих методов снижения солеотложения в теплотехнических системах, который показывает, что на данный момент основными способами умягчения воды для теплосетей являются методы ионного обмена, реагентные и безреагентные методы. По мнению А.В. Коржакова практически все методы направлены на устранение уже возникших проблем, а не на предотвращение их возникновения. В результате проведенного анализа сформулированы цель и задачи исследований.

Замечания по первой главе

1. Описаны и даны классификация теплиц, но не показано сколько из них: геотермальных, гидропонных и имеющих геотермальные гидропонные установки. Не даны определения: что понимают под «режимными параметрами акусто-магнитной электротехнологии» и под «геотермальных гидропонными установками»
2. Не ясно какое отношение биосистемы (раздел 1.4) имеют к проблеме снижения солеотложения при теплоснабжении от геотермальных источников.
3. Разделы 1.5 – 1.6 хотя по названию и посвящены анализу математических уравнений, описывающих магнитные и акустические поля, по существу носят описательный характер, в дальнейшем в диссертации не использовались, ссылок или обращений в тексте работы к ним нет.

Во второй главе рассмотрена конструкция АМА и его установка на выходе растворного узла (рис. 2.7) гидропонной системы, приведена схема замещения электромагнитной составляющей АМА (рис. 2.11) и разработана математическая модель, связывающая параметры АМА с $\xi_{рп}$ – коэффициентом противонакипного эффекта.

В третьей главе соискатель произвел синтез функциональных схем акусто-магнитной электротехнологии. Проведен выбор акустических, электрических и магнитных параметров при проектировании магнитной части аппарата. Осуществлен выбор теплового режима работы акусто-магнитного аппарата и определены его оптимальные параметры.

Соискатель провёл моделирование физических процессов, происходящих в акусто-магнитном аппарате в среде ELCUT, осуществил расчет элементов и устройств системы автоматики акусто-магнитного аппарата, реализованной в среде CoDeSys и рассчитал надежность разработанной системы с помощью статистической модели Миллса.

Раздел 3.7 главы носит описательный характер: даются описание и фотографии (стр. 180-197) типовых элементов, используемых в автоматике.

В четвёртой главе представлены методики и результаты экспериментальных исследований на основе методики, разработанной автором, которая позволила объединить методы теории подобия и моделирования с методологией планирования экспериментов. Для проведения исследований диссертантом был изготовлен лабораторный стенд. В соответствии с разработанной методикой проведено планирование эксперимента, выполнены исследования, по результатам определено уравнение регрессии для процесса акусто-магнитной обработки геотермальных вод. Разработана инженерная методика расчета параметров акусто-магнитных аппаратов. Проведено сравнение результатов математического и физического моделирования

Глава читается с трудом: не ясно откуда появляются формулы и числа, что изображено на рисунках не объясняется. Раздел 4.5 не читаем.

В пятой главе докторант провёл технико-экономические расчеты. Было рассчитано серийное производство акусто-магнитных аппаратов с ежегодным выпуском 1000 шт. А.В. Коржаковым были рассчитаны экономические показатели при внедрении акусто-магнитного аппарата в сельскохозяйственное производство с учетом факторов неопределенности и риска. По мнению соискателя экономия эксплуатационных затрат при внедрении новой безреагентной технологии обработки теплоносителя в геотермальном тепличном комплексе площадью 5 Га составит 525000 руб.

4. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций. В работе сформулированы научные положения, которые подтверждены результатами проведённых испытаний разработанного электрооборудования. Основные результаты диссертационной работы представлены в заключении 15 выводами – полученных из соответствующих выводов 2 – 5 глав, с некоторыми не всегда понятными изменениями.

Из вывода 1 следует, что на основе второй и третьей теоремы подобия установлены количество и состав критериев подобия, необходимых для описания электрических, магнитных тепловых и акустических процессов, происходящих в акусто-магнитном аппарате. При этом анализ тепловых процессов производится с соблюдением критериев Фруда, Пекле, Нуссельта, Прандтля.

Критерии Фруда, Пекле, Нуссельта, Прандтля приведены на странице 110, но как будет обеспечено их соблюдение не объяснено.

Вывод 2 показывает, что на основе подобия процесса реакции нелинейной среды на линейное колебание излучателя был получен критерий, учитывающий процессы кавитации жидкости в области аппарата. Из данного вывода следует, что установление связи между числами подобия позволит проектировать и изготавливать акусто-магнитное оборудование различного типоразмеров.

О каком «линейном колебании излучателя» идет речь, если подаваемое напряжение на излучатель и его ток имеют явно нелинейный характер (рис. 4.4 и 4.5).

Вывод 3 декларирует о том, что получено уравнение, связывающее количество образованной накипи с протекающими процессами в акусто-магнитном поле через критерии подобия $\xi_{вп} = f(\pi_{ij})$. Выявленную связь можно применять для расчета количества образованной накипи.

Вывод трансформирован из вывода 10 главы 2 в котором для этих целей был использован почему-то другой критерии подобия $\xi_{рвп} = f(\pi_{ij})$

Вывод 4 показывает, что разработана математическая модель основных физических процессов, протекающих в акусто-магнитном аппарате, для установления степени влияния её параметров на степень солеотложения при работе на геотермальном минерализованном теплоносителе. Данная математическая модель в виде системы уравнений может быть решена с использованием обобщения совокупного опыта отработки аналогов в виде критериальных комплексов параметров.

В основу вывода положен вывод 10 главы 2, в котором приведена фраза: «Аналитическое решение по полученной математической модели в виде системы уравнений затруднительно, но можно использовать обобщение совокупного опыта отработки аналогов в виде критериальных комплексов параметров». Так имеет или не имеет решение разработанная модель?

Из вывода 5 узнаем: «Разработаны новые безреагентные способы обработки жидкости в тепличном производстве с использованием минерализованных теплоносителей, новизна которых защищена патентами РФ № 2654334, 2641822 и изобретены устройства, защищенные патентами на изобретение № 2635591, № 2641137, № 2646091, № 2646989.

В главе нет никаких пояснений, что это за безреагентные способы обработки жидкости и устройства по их реализации. Обращаясь к первоисточникам узнаём, что Коржакова А.В. является автором патентов на изобретение в которых используют высокочастотные ультразвуковые колебания и вращающиеся противоположно направленные магнитные поля:

- 2641822 на способ обеспечивающий повышение стабильности воды, не вызывающей коррозии поверхности металла, с которым она соприкасается, и не выделяющую на этих поверхностях осадков карбоната кальция;

- 2654334 на способ обработки гидропонного питательного раствора обеспечивающего стабилизацию значения рН питательного раствора;

- 1514726, 1724594, 2635591, 2654334, 2646091, 2641137 на устройства для акустической и магнитной обработки соледержащих жидкостей, минерализованных теплоносителей и гидропонных питательных растворов;

- а также патента на изобретение 2646989 «Устройство для акустической и магнитной обработки топлива в двигателе внутреннего сгорания».

В выводе 6 приведен результат математической обработки моделирования и показано, что параметры акусто-магнитных аппаратов для предотвращения накипеобразования на внутренних поверхностях теплотехнического оборудования с использованием минерализованных теплоносителей должны быть следующими: при производительности по воде – 1,91 м³/ч, резонансная частота – 47348 Гц, номинальная электрическая мощность – 6,19 Вт, электромеханический КПД – 0,75, добротность – 0,012, входное сопротивление – 168,4 кОм. При этом целевая функция по максимуму силы Лоренца показала, что оптимальными параметрами модели аппарата являются: длина рабочей области – 5,19 см; подаваемая частота – 47540 Гц; индуктивность обмотки – 45 мкГн; сопротивление обмотки – 73,26 Ом.

Вывод 6 слово в слово повторяет выводы 9 и 8 главы 3. При этом в работе не объяснено: почему только при производительности по воде – 1,91 м³/ч; почему полное входное сопротивление в выводе 9 равно 220 Ом, а в основном выводе стало

равным 168,4 кОм и на что влияет сила Лоренца, о которой без объяснений еще дважды, слово в слово (см. выводы), упоминается в тексте работы (стр. 179 и 261):

Вывод 7 посвящен моделированию в среде ELCUT температуры поверхности аппарата в зависимости от его рабочей области при воздействии трёх видов импульсных напряжений. Установлено что лучшей формой напряжения, является меандр, а температура поверхности акусто-магнитного аппарата составляет 35,8 °С и не зависит от длины его рабочей области, при установочных параметрах системы: скорости потока воды – 1 м/с, её входной температуры – 78,9 °С и начального угла открытия входной заслонки – 90°.

Вывод 7 основан на объединении выводов 7, 10 и 11 главы 3. Из текста работы узнаем (стр.173), что должно исследоваться влияние трех импульсных напряжений различной формы: «пилообразное напряжение, треугольное напряжение и меандр». Исследовалось влияние двух форм (стр. 179 и 222): треугольного напряжения и напряжение типа «меандр». В работе нет объяснений почему не исследовалось влияние пилообразного напряжение, а вывод сделан. В работе также нет объяснений, почему не исследовалось влияние синусоидального напряжения и почему данные исследования проведены только на частоте 47600 Гц (стр. 173).

В выводе 8 констатируется, что разработаны схемы акусто-магнитной электротехнологии в «гидропонных установках с использованием минерализованных теплоносителей» и схемы системы автоматического управления техническим процессом обработки воды. Обоснованы параметры составляющего оборудования: максимальное давление жидкости в системе – 64 атм; мощность электродвигателя привода заслонки – не более 6 Вт; время поворота шарового крана на 90° – 15 с; максимальная температура жидкости +100°С. Надежность разработанной системы рассчитывалась с помощью статистической модели Миллса и составила 0,93.

Основой вывода 8 являются выводы 12 и 13 главы 3 в которых указано, что максимальное давление жидкости в системе – 12 атм; мощность электродвигателя привода заслонки – не более 6 Вт; время поворота шарового крана на 90° – 15 с; максимальная температура жидкости +78°С и что надежность разработанной системы составила 0,85, что совпадает с принятыми техническими характеристиками системы (стр. 180).

По 8 выводу необходимо дать пояснения:

- что автор понимает под гидропонными установками с использованием минерализо

ванных теплоносителей;

- и почему в основных выводах повысились: давление жидкости в системе до 64 атм, а её температура до 100°C, а надежность разработанной системы до 0,93. В работе надежность по модели Миллса не рассчитывалась, а только анализировалась (стр 200), а её величина равная 0,85 указана в выводе 13 главы 3.

Вывод 9 посвящен планированию эксперимента с использованием обобщённых факторов и критериев подобия и модернизации методики планированию эксперимента. Вывод слово в слово повторяет вывод 1 главы 4.

В главе 4 нет четкого объяснения: планирование и модернизация методики планированию эксперимента относится к физическому эксперименту или все определяется расчетом критериев подобия? И откуда получены результаты ПРЕСС – процедуры (табл. 4.7).

В выводе 10 сообщается, что изготовлен лабораторный стенд и **восемь** макетных образцов акусто-магнитного аппарата. Для каждого акусто-магнитного аппарата проведены опыты по определению противонакипного эффекта, и вычислены все коэффициенты подобия. Получены уравнения регрессии, позволяющие определить рациональные режимы работы акусто-магнитного аппарата. Анализ показал, что адекватную модель дают следующие коэффициенты подобия π_{62} , π_{63} , π_{64} , π_{65} , π_{60} , π_{54} , π_{57} . В результате оптимизации параметров аппарата получены следующие значения: $n = 748$ витков; $f = 34100$ Гц; $U = 59$ В.

Сделанный вывод практически соответствует выводам 5 и 6 главы 4, за исключением того, что изготовлены проведены опыты **на пяти** акусто-магнитных аппаратах (стр. 233). Также не ясно, почему за адекватную модель принята $\xi_{вп} = f_{п}(\pi_{62}, \pi_{63}, \pi_{64}, \pi_{65}, \pi_{60}, \pi_{54}, \pi_{57})$ с ошибкой $e = 0,534$, а не $\xi_{вп} = f_{п}(\pi_{62}, \pi_{63}, \pi_{64}, \pi_{65}, \pi_{54}, \pi_{57})$ с ошибкой $e = 0,178$. Что понимают под уравнениями регрессии, позволяющие определить **рациональные режимы работы** акусто-магнитного аппарата. И откуда в выводах появляются параметры оптимизации аппарата: $n = 749$ витков; $f = 34100$ Гц; $U = 58,9$ В.

В выводе 11 проведено сравнение результатов математического и физического моделирования основных физических процессов, протекающих в акусто-магнитных аппаратах, показано что по электрическим, магнитным тепловым и акустическим характеристикам погрешности не превышают допустимых значений.

Не объяснено, что понимается под математическим и физическим моделированием? И как проходило сравнение результатов математического и физического моделирования основных физических процессов?

Вывод 12. По предлагаемой методике (какой) и в соответствии с теорией подобия был изготовлен аппарат для обработки геотермальной воды для реального объекта производительностью по воде 90 м³/час и установлен на трубе диаметром 75 мм со скоростью жидкости в трубе 0,41 м/с, давлением 4 атм. температурой воды 85 °С. Оптимальными параметрами работы акусто-магнитного аппарата являются: число витков обмотки одной фазы – 208, резонансная частота колебаний 14782 Гц, ток в обмотке – 1А (почему не напряжение), потребляемая мощность – около 150 Вт, масса магнитопровода – 0,472 кг, при коэффициенте противонакипного эффекта – 0,99.

Почему в выводе 12 потребляемая мощность и коэффициент противонакипного эффекта выросли по сравнению выводом 8 главы 4, где они соответственно были равны 15Вт и 0,89

Вывод 13 посвящен проведенным в 2016-2018 гг на геотермальных источниках ЗАО «Радуга» (Майкопское месторождение) экспериментальным исследованиям по защите металла оборудования от коррозии и его отмывке от солеотложения, которые показали, что акусто-магнитная обработка воды позволяет не только эффективно защитить металл от коррозии, но и удалять уже имеющиеся отложения солей и продуктов коррозии в системе теплоснабжения. Акусто-магнитный аппарат также был установлен в систему подачи гидропонного раствора и показал высокую эффективность: урожайность выращиваемых огурцов выросла и на 20 % превысила урожайность на контрольных участках. Вывод обоснован, имеет практическую значимость.

В выводе 14 приведены результаты сравнения показателей для различных аппаратов безреагентной обработки жидкости и показано, что разработанная конструкция акусто-магнитного аппарата, за счет одновременного воздействия акустическим и магнитным полем на геотермальную воду позволяет, при одной и той же производительности, снизить энергоемкость процесса производства овощей, так как по сравнению с аппаратами магнитной обработки жидкости имеет более низкое энергопотребление и позволяет улучшить эксплуатационные характеристики гео

термальных гидропонных установок защищенного грунта. Вывод обоснован, имеет практическую значимость.

Вывод 15 посвящен расчету экономической эффективности мелкосерийного производства 1000 акусто-магнитных аппаратов при их ежегодной реализации в указанном количестве и оценке дополнительного годового экономического эффекта от внедрения интенсивной технологии обработки гидропонного раствора по выращиванию огурцов.

1. Не обосновано количество АМА в год: почему 1000 штук в год, а не 10000? 2. При обосновании дополнительного дохода: не ясно откуда появились цены за кг: 52 и 45 руб; откуда взята урожайность: 336 и 280 кг/дел? Почему себестоимости приняты равными 12096 и 10080 руб?

5. Новизна и значимость для науки и практики результатов диссертационной работы

Новизну предложенных в диссертации решений представляют:

- математическая модель, связывающая отложения солей жидкостей на трубопроводах, с протекающими электрическими, магнитными, тепловыми и акустическими процессами в акусто-магнитном аппарате;
- новые безреагентные способы снижения солеотложений в геотермальных гидропонных установках защищенного грунта, основанные на одновременном воздействии высокочастотных ультразвуковых колебаний и вращающихся магнитных полей на используемые жидкости в тепличном производстве.

Теоретическая значимость работы заключается в объяснении эффекта повышения качества обрабатываемых вод геотермальных источников, при одновременном воздействии на них высокочастотных ультразвуковых колебаний и вращающихся магнитных полей.

Практическую значимость работы заключают в снижении отложений солей в геотермальных гидропонных установках защищенного грунта при использовании высокочастотных акусто-магнитных аппаратов.

6. Достоверность результатов исследований подтверждается: сходимостью результатов теоретических и экспериментальных исследований, использованием современных методик, приборов и оборудования; а также положительными результатами испытаний разработанных установок в производственных условиях, актами и справками о внедрении результатов научных исследований.

7. Подтверждение публикации основных результатов диссертации в научной печати и соответствие автореферата диссертации

Основные положения диссертации опубликованы в 44 печатных изданиях, в том числе в 12 статьях в международных базах данных Scopus и Web of Science, 11 статьях в изданиях, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования РФ, 1 монографии, 7 патентах на изобретения.

Опубликованные работы в достаточной мере отражают основное содержание диссертации и личный вклад автора в её подготовку. Автореферат отражает структуру и основное содержание диссертации, соответствует основным научным положениям диссертационной работы. Материалы диссертации и результаты исследований, опубликованные автором работы в научных изданиях, могут быть отнесены к научной специальности 05.20.02 - Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве (по техническим наукам).

8. Замечания по работе

1. Объектом исследования, согласно темы диссертации, является акусто-магнитная электротехнология и оборудование для предотвращения образования соляных отложений на поверхностях трубопроводов в системах теплоснабжения от геотермальных источников. Почему без объяснений эффекта воздействия, акусто-магнитные аппараты стали использоваться для обработки гидропонных растворов, имеющих совершенно другие параметры качества воды, чем воды геотермальных источников.

2. Хотя работа названа «режимные параметры акусто-магнитной электротехнологии снижения солеотложений» в работе они не определены и о том что они есть можно судить только по проведенным экспериментам.

3. Не дано объяснение почему улучшается качество жидкостей при изменении частоты акустических и магнитных полей и есть ли разница в воздействии акустического и магнитного полей на геотермальные воды и на гидропонные растворы.

4. Чем вызвано использование такого многообразия критериев подобия, имеющих различные индексы: $\pi_{1эм} \dots \pi_{11эм}$ (стр.100); $\pi_{1d} \dots \pi_{6d}$ (стр.106); $\pi_{1t}^{11} \dots \pi_{2t}^{11}$ (стр.110); $\pi_{1t} \dots \pi_{2t}$ (стр.112); $\pi_2^1 \dots \pi_{m-k}^1$ (стр. 205); $\xi_{рп} = f(\pi_{н1}^1 \dots \pi_{н7}^1)$ – уравнение регрессии (4.87). Чем они отличаются друг от друга, почему не систематизированы и какое они имеют отношение к математической модели, которая и так связывает 67 критериев подобия (2.192), охватывающих все процессы, происходящие в

АМА. И почему «эти зависимости носят частный характер и справедливы только для тех условий, при которых проводились опыты» (стр. 136)?

5. Сколько обмоток содержит ферритовые кольца АМА и верно ли составлены уравнения (2.124 – 2.131), используемые при разработки математической модели, если на представленной схеме замещения, выполненной не по ГОСТу (рис. 2.11): не указаны направления обхода контуров, начала обмоток и их взаимоиндуктивности. Не дано объяснение: зачем вообще нужен четвертая об с параметрами R_4 , R_H , L_4 . Не указано на каких условиях, при выборе электрических и магнитных параметров (раздел 3.3) и тепловых режимов (раздел 3.4), трехфазные схемы АМА (глава 2 рис. 2.11 и глава 3 рис. 3.3) заменены на однофазную схему.

6. Автором показано, что источником ультразвуковых колебаний являются магнитострикционные ферритовые кольца (глава 2, рис.2.9; глава 3, раздел 3.2), однако, на рисунке 2.9 наряду с ферритовыми кольцами (на схеме магнитопровод) установлен магнитострикционный источник 8 ультразвуковых колебаний. Какова его роль? Как он влияет на ультразвуковое поле, созданное ферритовыми кольцами.

7. На многие источники (около 40%), представленных в списке литературы (211 наименований), отсутствуют ссылки в тексте работы.

8. Имеются замечания редакционного характера:

- в тексте диссертации встречаются не совсем удачные обороты и определения, например: «При этом необходимо отбрасывать те факторы, которые характеризуют лишь частные особенности данного опыта, а не основные качества конструкции» (стр. 94); «Если такая конструкция акусто-магнитного устройства рациональна, то аналогичное ему, но других размеров, может быть не работоспособным» (стр. 95); «На первоначальном этапе огурцы снимали чуть меньшего размера, для того чтобы нагрузка не оказалась слишком большой» (257) и т.д.;
- следует указывать откуда появляются расчетные выражения и величины входящие в эти расчетные выражения, например: (3.33); (3.68) сравните с (3.72); (4.66); (4.157); (4.71); (4.163) и т.д.;
- многие представленные фотографии не объясняются или их наименование не соответствует тому что на них изображено: (3.20) - (3.24); (4.15) - (4.19); (4.3) - (4.5) и т.д.

Заключение

Диссертационная работа Коржакова Алексея Валерьевича на тему «Режимные параметры акусто-магнитной электротехнологии снижения солеотложений в геотер-

мальных гидропонных установках защищенного грунта» является научно-квалификационной работой, в которой на основании исследований автора решена научная проблема, имеющая важное народно-хозяйственное значение, что соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842, предъявленным к диссертациям на соискание учёной степени доктора технических наук.

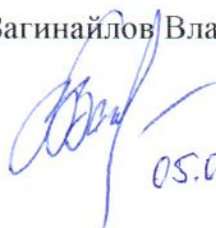
В соответствии с п.10 данного положения: диссертация написана автором самостоятельно, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, в ней приводятся сведения о практическом использовании полученных автором диссертации научных результатов, что свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку, однако работа не обладает внутренним единством и не все решения автором аргументировано изложены.

Основные научные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых научных изданиях: в 11 статьях, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования РФ и 7 патентах на изобретения, что соответствует п.11 Положения № 842.

Учитывая вышеизложенное считаю, что Коржаков Алексей Валерьевич заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 05.20.02 – электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве (технические науки).

Официальный оппонент:
доктор технических наук,
профессор, профессор кафедры
«Электроснабжение и электротехники
имени академика И.А. Будзко»
ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА
имени К.А. Тимирязева
127550, г. Москва, Тимирязевская ул., 49.
Тел. 8(499) 976-18-78
E-mail: energo-viz@mail.ru

Загинайлов Владимир Ильич


05.03.2021

Подпись, ученую степень и ученое звание
Загинайлова Владимира Ильича
удостоверяю:



ПРОРЕКТОР
ПО КАДРОВОЙ ПОЛИТИКЕ И
ИМУЩЕСТВЕННОМУ КОМПЛЕКСУ
И. О. СТЕПАНЕЛЬ

С отсылкой
Официального
Отношения к заявителю

11.03.2021г.

 Коржаков А.В.