



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«СТАВРОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
(ФГБОУ ВО Ставропольский ГАУ)

Зоотехнический пер., д. 12, г. Ставрополь, 355017

тел.: (865-2) 35-22-82; 35-22-83.

факс: (865-2) 71-58-15.

E-mail: inf@stgau.ru http://www.stgau.ru

ОКПО 00493221, ОГРН 1022601993468, ИНН 2634003069

08 декабря 2020 № *15-20/24-2578*
на № _____ от _____

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

Уважаемый Сергей Владимирович!

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет» согласен выступить в качестве ведущей организации по диссертационной работе Коржакова Алексея Валерьевича на тему «Режимные параметры акустомагнитной электротехнологии снижения солеотложений в геотермальных гидропонных установках», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.20.02 – Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве.

Подготовка отзыва будет осуществляться кафедрой «Применение электроэнергии в сельском хозяйстве», на заседании которого будет обсужден и принят отзыв. Утвержденный отзыв будет направлен в диссертационный совет в установленном порядке.

Согласны на размещение сведений о ведущей организации и отзыва на официальном сайте Кубанского ГАУ и в единой информационной системе.

Приложение: сведения о ведущей организации на 3 л., в 1 экз.

Ректор

«*08*» *декабря* 2020 г.

С уважением,



И. В. Атанов

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

Сведения о ведущей организации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет» по диссертационной работе Коржакова Алексея Валерьевича на тему «Режимные параметры акусто-магнитной электротехнологии снижения солеотложений в геотермальных гидропонных установках», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.20.02 – Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве

Полное наименование организации в соответствии с уставом	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет»
Сокращенное наименование организации в соответствии с уставом	ФГБОУ ВО Ставропольский ГАУ
Ведомственная принадлежность	Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Руководитель организации, утверждающий отзыв ведущей организации	Атанов Иван Вячеславович профессор, кандидат технических наук
Почтовый индекс и адрес организации	355017, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический 12
Официальный сайт организации	https://www.stgau.ru
Адрес электронной почты	nf@stgau.ru
Телефон Телефон/факс	8(865)2-71-72-01 8(865)2-71-72-01
Сведения о структурном подразделении	Кафедра: «Применение электроэнергии в сельском хозяйстве», телефон: 8(865)2-71-72-01, e-mail: ngv2002@rambler.ru :

	<p>Никитенко Геннадий Владимирович, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой; Антонов Сергей Николаевич, к.т.н., доцент, доцент кафедры; направления научной работы кафедры: 05.20.02 - Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве</p>
<p>Основные публикации ведущей организации, затрагивающие сферу диссертационного исследования соискателя</p>	
<p>1. Никитенко Г.В. Моделирование аппарата электромагнитной обработки / Г.В. Никитенко, А.А. Лысаков, С.Н. Антонов, Е.В. Коноплев, Я.А. Тарасов // Журнал «Сельский механизатор», № 4, 2018. – С. 12.</p>	
<p>2. Адошев А.И. Исследование электромагнитных характеристик ферровихревого аппарата / А.И. Адошев // Журнал «Сельский механизатор», №4, 2019. – С. 28-29.</p>	
<p>3. Антонов С.Н. Стенд для исследования эффективности аппаратов магнитной обработки воды / С.Н. Антонов, А.А. Лысаков, А.И. Адошев, В.Н. Шемякин, В.Н. Авдеева, И.В. Каланчук // Журнал «Сельский механизатор», №1, 2017. – С. 8-9.</p>	
<p>4. Стародубцева Г.П. Электромагнитная установка для активации воды / Г.П. Стародубцева, Ш.Ж. Габриелян, С.И. Любая, Е.И. Рубцова, В.Н. Авдеева // Журнал «Сельский механизатор», №11, 2019. – С. 28-30.</p>	
<p>5. Антонов С.Н. Энергосбережение в системах теплоснабжения с использованием однокатушечного аппарата магнитной обработки воды / С.Н. Антонов, М.Р. Каитов // Сборник научных трудов VII Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 75-летию со дня рождения Х.Г. Урусамбетова «Инженерное обеспечение инновационного развития агропромышленного комплекса России», г. Нальчик, 2018. – С. 11-13.</p>	
<p>6. Антонов С.Н. Оптимизационные исследования параметров магнитной системы однокатушечного аппарата магнитной обработки воды. Материалы XII Международной научно-практической конференции «Новые технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности с использованием электрофизических факторов и озона», г. Ставрополь, 2018. – С. 6-13.</p>	
<p>7. Adoshev A., Antonov S., Ivashina A., Yastrebov S. Investigation of</p>	

<p>electromagnetic characteristics of ferro-vortex apparatus. Engineering for rural development. 2019. pp. 780-785.</p>
<p>8. Antonov S.N., Nozdrovicky L. Gabrielyan S.Z., Mastepanenko M.A, Zorina E.B. The Device of magnetic processing of water for boiler greenhouse. Research in agricultural engineering. T. 62. №3. 2016. pp. S27-S33.</p>
<p>9. Antonov S., Nikitenko G., Adoshev A., Devederkin I., Dorozhko S. Simulation of magnetic system of apparatus of magnetic water treatment for boiler greenhouse production. Engineering for rural development. 2019. pp. 793-797..</p>
<p>10. Yanovskii A.A., Simonovskii A.Y. Frequency of formation of vapor bubbles in a two-layer medium of magnetic and nonmagnetic liquid. Surface engineering and applied electrochemistry. T. 55. №5. 2019. pp. 567-575.</p>
<p>11. Банникова Н.В. Тепличное производство в России: состояние и планы развития / Н.В. Банникова, О.Н. Онежкина // Журнал «Вестник АПК Ставрополя», изд.: Ставропольский государственный аграрный университет, г. Ставрополь, 2016. – С. 28-34.</p>

Ректор

«*08*» *декабря* 2026



И. В. Атанов



УТВЕРЖДАЮ

Ректор ФГБОУ ВО Ставропольский ГАУ,
И.В. Атанов

И.В. Атанов

марта 2021 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» в г. Ставрополь, на диссертационную работу Коржакова Алексея Валерьевича «Режимные параметры акусто-магнитной электро-технологии 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 диссертационного исследования

Россия располагает не только большими запасами органического топлива, но и геотермальными ресурсами, энергия которых на порядок превышает весь потенциал органического топлива. Тепловой потенциал разведанных геотермальных месторождений Краснодарского края и Республики Адыгея превышает 3800 ГДж в год. В системах теплоснабжения используется менее 5% этого потенциала. Чтобы обеспечить высокую эффективность термальных источников, необходимо максимально использовать тепловой потенциал при комплексном использовании этих вод. В процессе теплоснабжения гидропонных теплиц возникают солеотложения, ухудшаются теплотехнические характеристики отопительных приборов, возрастают гидравлические сопротивления трубопроводов, возможна их полная закупорка и выход

системы из строя. Реагентные методы не позволяют предотвращать накипеобразование, а применяются для удаления с оборудования системы теплоснабжения уже образовавшейся накипи. Для устранения указанных недостатков необходимо создать технологию, которая при низких эксплуатационных затратах имеет высокие показатели устранения накипи на стенках теплотехнического оборудования. В основе такой технологии лежит одновременное использование электромагнитных и акустических полей высокой частоты. В связи с этим исследования, проведенные автором в решении указанной проблемы, имеют большое практическое и научное значение.

2. Новизна исследований и полученных результатов

Научную новизну работы представляют:

- обоснованность количества 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 магнито-стрикционного преобразователя и акусто-магнитного аппарата;
- модернизированная методика планирования эксперимента с использованием обобщённых факторов и критериев подобия.

3. Степень достоверности и обоснованности результатов исследований

Результаты диссертации получены при выполнении научных исследований в соответствии с планом НИР ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т.Трубилина» №ГР АААА-А16-116021110071-1 (2016-2020 гг.).

Эффективность новой электротехнологии по снижению солеотложений на теплотехническом оборудовании в системе геотермального теплоснабжения подтверждена производственными испытаниями и внедрением в тепличных предприятиях Республики Адыгея. Переданы рекомендации по установке и эксплуатации акусто-магнитных аппаратов на теплотехническом оборудовании в министерство топливно-энергетического комплекса и жилищно-коммунального хозяйства Краснодарского края.

Экспериментальные данные получены в результате испытаний с использованием современных исследовательских методик и измерительного оборудования. Основные положения диссертационной работы доложены и одобрены на международных научно-практических конференциях: XIV Международной научно-практической конференции «Современные концепции научных исследований» (Москва, 2015); X Международной научно-практической конференции "Наука и образование" (Мюнхен, Германия, 2015); XI Международной научно-практической конференции "Наука и образование" (Мюнхен, Германия, 2016); XVI Международной научно-практической конференции "Наука и образование" (Мюнхен, Германия, 2017); XVII Международной научно-практической конференции "Европейская наука и технологии" (Мюнхен, Германия, 2017); Международной научно-технической конференции «Автоматизация. Русавтокон» (2018 г.); Международной научно-технической конференции «Автоматизация. Русавтокон» (2019 г.); XVII Международной научной конференции «Инженерное обеспечение развития сельских районов» (Елгава, Латвия, 2018); XVIII Междуна-

родной научной конференции «Инженерное обеспечение развития сельских районов» (Елгава, Латвия, 2019); XIX Международной научной конференции «Инженерное обеспечение развития сельских районов» (Елгава, Латвия, 2020); Международной научно-технической конференции «Автоматизация. Русавтокон» (2020).

Степень обоснованности полученных результатов подтверждается тем, что теория построена на известных проверяемых данных и согласуется с результатами ранее выполненных исследований, сравнением результатов аналитических предпосылок и полученных экспериментальных данных, а также полученными патентами РФ на изобретения № 2635591, № 2641137, № 2646091, № 2646989 и патентами РФ на безреагентные способы обработки жидкости №№ 2654334, 2641822. Научные положения и рекомендации отражены в выводах диссертации.

4. Научная и практическая ценность диссертационной работы

Научная ценность работы заключается в следующем:

1) Математическая модель основных физических процессов, протекающих в акусто-магнитном аппарате, может быть использована для обобщения совокупного опыта отработки аналогов в виде критериальных комплексов параметров.

2) Модернизированная методика планирования эксперимента с использованием обобщённых факторов и критериев подобия позволяет разработать план эксперимента, провести его с наименьшей трудоемкостью и получить оптимальное значение параметров акусто-магнитного аппарата.

3) 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.

4) Математическая модель основных физических процессов, протекающих в акусто-магнитном аппарате устанавливает степень влияния параметров акусто-магнитного аппарата на степень солеотложения в минерализованных теплоносителях;

Практическую ценность работы составляют:

1) Новаторская акусто-магнитная электротехнология, которую автор предлагает использовать в системах геотермального теплоснабжения и гидропонных установках гидропонных теплиц, может быть использована для обработки жидкостей с целью предотвращения накипеобразования в самых различных областях.

2) Полученные критерии подобия позволяют проектировать и изготавливать акусто-магнитное оборудование различного типоразмера.

3) 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.

4) 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, РФ №2641822.

5) Полученные конструктивные решения электротехнологического оборудования (патенты РФ № 2635591, №2641137, №2646091, №2646989) могут быть реализованы на предприятиях-производителях электротехнических аппаратов.

6) Значения параметров и соответствующие расчетные формулы акусто-магнитного аппарата применимы для определения рациональных режимов работы оборудования и конструирования аппаратов для других производительностей и типоразмеров.

7) Уравнения регрессии позволяют определять рациональные режимы работы акусто-магнитного аппарата.

8) Программы, реализованные в среде CoDeSys, можно применять для различных контроллеров при проведении автоматизации акусто-магнитной обработки теплоносителя в системах теплоснабжения объектов.

9) Результаты внедрения акусто-магнитной технологии в теплицах на теплотехническом оборудовании и в системе подготовки гидропонного раствора подтверждают высокую эффективность данной электротехнологии.

5. Рекомендации по использованию полученных результатов

Организация мелкосерийного производства акусто-магнитных аппаратов позволит получить существенный доход предприятию-производителю. Внедрение в тепличных комплексах с использованием геотермального низкопотенциального тепла, акусто-магнитной технологии обработки теплоносителя позволит значительно сократить эксплуатационные затраты на замену труб, очистку от шлама труб, закупку реагентов, удаление шлама в теплообменниках и т.д. Службам эксплуатации теплотехнического оборудования в геотермальных теплицах, после установки новой технологии, рекомендуется изменить технологические схемы с целью их упрощения и установки другого типа шламоуловителей. В тепличных комплексах с использованием геотермальных вод целесообразно внедрять предлагаемую технологию для обработки гидропонного раствора, что приведёт к повышению урожайности сельскохозяйственных культур и повышению их качества. В таких теплицах следует изменить технологическую схему подготовки гидропонного раствора, введя оборудование для акусто-магнитной обработки.

6. Оценка содержания диссертации в целом, замечания по работе

Работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованных источников, включающего 211 наименований, в том числе 34 источ-

ника на иностранном языке, приложения. Диссертация изложена на 250 страницах компьютерного текста, в том числе на 32 страницах приложений, содержит 112 рисунков, 25 таблиц.

Структура диссертации построена в соответствии с поставленной целью, для решения конкретных задач сформулированных автором и выбранных методов их решения.

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.

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 анализе состояния теплотехнического оборудования было выявлено, что отложение различных солей на стенках теплоэнергетических аппаратов приводит к резкому снижению эффективности их работы, перерасходу топлива и частым остановкам для очистки. Проведённый анализ существующих методов снижения солеотложения в теплотехнических системах показал, что на данный момент основными способами умягчения воды для теплосетей являются методы ионного обмена, реагентные и безреагентные методы. Диссертантом проведено исследование литературных источников, в результате которого было выявлено отсутствие теоретических и экспериментальных обоснований расчета магнитных устройств в зависимости от качества воды. Проведён анализ уравнений, описывающих электромагнитные и акустические поля. В результате проведенного анализа сформулированы цель и задачи исследований.

Во второй главе проведено моделирование акусто-магнитного аппарата и установлены критерии подобия. Проведена модернизация технологического процесса воздушно-конвекционного отопления тепличного комплек-

са с использованием геотермального источника энергии. Представлены акусто-магнитные аппараты, установленные в технологическую схему подготовки геотермальной воды и гидропонного раствора. Предложено изменить схему растворного узла, добавив в неё аппарат для безреагентной обработки жидкости и фильтры. Был разработан новый метод подобия. Согласно этому методу, экспериментальные данные, оформленные в критериальной форме, были использованы для планирования экспериментов. Был произведён выбор необходимого плана эксперимента и составлена матрица планирования эксперимента для одной из серий опытов. В соответствии с матрицей планирования были проведены все опыты и определено критериальное уравнение регрессии. Построенная модель была проверена на точность и адекватность. Были установлены и созданы критериальные зависимости. Была получена система уравнений, которая описывает математическую модель процесса накипеобразования.

В третьей главе представлены структурная и функциональная схемы акусто-магнитной электротехнологии. Были определена эффективность безреагентной обработки воды. Проведено моделирование в среде ELCUT физических процессов, происходящих в акусто-магнитном аппарате. Выявлены оптимальные параметры акусто-магнитного аппарата. На основе требований, предъявляемых к системе автоматизации акусто-магнитного аппарата, сформирован список элементов, разработаны структурная, функциональная и принципиальные схемы. Была построена математическая модель объекта, реализованная в среде CoDeSys и рассчитана надежность разработанной системы.

В четвёртой главе были представлены методики и результаты экспериментальных исследований. Создана новая методика, объединяющая методы теории подобия с методологией планирования экспериментов. Был изготовлен лабораторный стенд. Результирующий признак был получен при помощи кристаллооптического способа. Была разработана инженерная методика расчёта параметров акусто-магнитных аппаратов. Был реализован полный факторный эксперимент, проведена статистическая обработка результа-

тов. Были исключены грубые погрешности в результатах измерений. Было рассчитано критериальное уравнение регрессии для процесса акусто-магнитной обработки геотермальных вод в соответствии с матрицей планирования. Был построен план второго порядка и найдены экстремумы функции. Полученные значения эффективности акусто-магнитной обработки геотермальной воды были подтверждены на опыте.

В пятой главе проведены технико-экономические расчеты. Были 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.

Замечания

При анализе диссертационной работы возникли некоторые замечания:

1 В расчётах экономической эффективности не конкретизирован год, для которого указаны цены комплектующих для производства акусто-магнитных аппаратов.

2 В рекомендациях производству следовало бы указать конкретные организации, которые могут использовать в своей деятельности результаты диссертационного исследования.

3 Не приведена информация о количестве акусто-магнитных аппаратов, необходимых для тепличного комплекса, использующего геотермальное теплоснабжение. Нет общего плана размещения аппаратов, не указаны принцип размещения и критерии выбора способов размещения.

4 Следует рассчитывать не количество витков, а определять ампер-витки (намагничивающую силу).

5 Нет данных о приборе, которым измеряли напряженность магнитного поля.

6 Не установлена зависимость снижения трудозатрат на восстановление системы после внедрения акусто-магнитного аппарата от объема удаляемой накипи.

7 Общие выводы 12 и 13 носят информационный характер.

Заключение

Диссертационная работа Коржакова Алексея Валерьевича на тему «Режимные параметры акусто-магнитной электротехнологии снижения солей в геотермальных гидропонных установках защищенного грунта» выполнена на высоком теоретическом и методическом уровне. Отмеченные выше замечания носят частный характер и не снижают научную и практическую ценность диссертационной работы Коржакова А.В.

Автореферат и опубликованные работы полностью отражают основное содержание диссертации.

Диссертация является законченной научной квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технологические решения поставленной проблемы.

Отзыв заслушан и одобрен на заседании кафедры «Применение электроэнергии в сельском хозяйстве» протокол № 17 от 04 марта 2021 года.

к.т.н., доцент кафедры применения электроэнергии в сельском хозяйстве
доцент


Сергей Николаевич Антонов

Контактная информация: 355017, г. Ставрополь пер. Зоотехнический, 12
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет», тел.: +7 (8652) 35-22-82, 35-22-83, e-mail: info@sgau.ru

С отзывом ведущей организации
ознакомлен
11.03.2021г.  Курманов А.В.

