

ОТЗЫВ

официального оппонента кандидата технических наук Цокур Дмитрия Сергеевича на диссертационную работу Пожидаева Дениса Владимировича «Параметры и режимы работы электроозонатора для дезинфекции биореакторов», представленную к защите в диссертационный совет 35.2.030.03 при ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.2. Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса

Актуальность темы диссертационной работы

Одно из важных направлений биотехнологий – промышленное культивирование микроорганизмов (бактерий, простейших) в биореакторах. Этот метод позволяет эффективно производить биопрепараты для защиты растений, что соответствует мировым трендам экологичного сельского хозяйства. Перед каждым новым циклом культивирования необходимо снижать уровень условно-патогенной микрофлоры. Среди способов обеззараживания биореакторов можно выделить термические, химические, фильтрационные. В большинстве биореакторов используют термическую обработку горячим паром. Однако этот метод требует больших энергозатрат. Что в свою очередь увеличивают себестоимость биопродукции, снижая её конкурентоспособность. Одним из перспективных экологически чистых способов обеззараживания биореакторов является использование озона в качестве стерилизующего агента. Но при этом требуется модернизация имеющихся электроозонаторов для работы во влажной среде культивирующих установок. Поэтому тема диссертационного исследования актуальна и направлена на совершенствование электроозонирующих установок применяемых в агропромышленном комплексе.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Автор достаточно корректно использует известные научные методы обоснования полученных результатов, выводов и рекомендаций. Обстоятельно изучены и критически проанализированы исследования других ученых, о чем свидетельствует список использованной литературы из 165 наименований. Методы исследования базируются на теории математического и компьютерного моделирования методом конечных элементов, законах физики, электротехники, статистического анализа. Компьютерное моделирование выполнено с использованием современного отечественного программного обеспечения Elcut.

Особую убедительность работе придают документы, подтверждающие практическую ценность проведенного исследования: акт апробации, свидетельствующий об успешном практическом применении разработок;

сертификаты соответствия, подтверждающие соответствие результатов исследования современным стандартам качества.

Оценка новизны и достоверности

В качестве научной новизны автором выдвинуты следующие положения:

- математическая модель, отражающая функциональные зависимости геометрических и физических параметров в ячейке разрядного блока электроозонатора от возникновения перенапряжений;

- математическая модель разрядной ячейки, описывающая физические процессы, протекающие в ячейке разрядного блока электроозонатора, с учетом геометрических параметров, влажности и напряженности электрического поля;

- параметры режима обработки биореактора озоном и соответствующие уравнения регрессии.

Все перечисленные пункты являются действительно новыми, ранее не приводимыми в научной литературе по данному направлению исследований.

Апробация работы и публикации по теме исследования

Основное содержание работы отражено в 24 печатных работах, в том числе: 4 статьи в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК России, 4 патента, 1 статья в базе данных Scopus. Основные положения и выводы диссертации обсуждались на различных конференциях, в том числе международных: НТТМ (Москва, 2013 год), X Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 120-летию И. С. Косенко (2016 год), X национальной научнопрактической конференции «Актуальные Проблемы Энергетики АПК» (Саратов, 2019 год), международной научной конференции профессорско-преподавательского состава, посвященной 155-летию РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева, 2–4 декабря 2020 года.

Структура и объем работы

Диссертация включает введение, четыре главы, заключение, список литературы и приложения. Общий объем диссертации 170 страниц. По стилю изложения и четкости формулировок данная работа удовлетворяет требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней.

Во введении обоснована актуальность работы, приводятся цели, задачи и предмет исследования, новизна научных результатов, практическая значимость, а также основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе проведен анализ современных методов обеззараживания биореакторов и технологий получения озоновоздушных смесей. Он показал, что использование озоновоздушных смесей для дезинфекции биореакторов перед внесением новой культуры позволяет

существенно снизить себестоимость продукции биофабрик. При этом для обеспечения эффективного процесса обработки применяется система с замкнутой циркуляцией газовой смеси между озонатором и биореактором, что гарантирует поддержание необходимой герметичности. Особое внимание уделено изучению процессов, происходящих в разрядной камере электроозонатора под воздействием различных внешних факторов. На основании проведенного анализа доказана необходимость точного определения рабочих параметров электроозонатора и оптимальных режимов проведения озонирования биореакторов. Сформулирована цель работы и задачи исследования.

Во второй главе рассмотрены процессы, протекающие в разрядном промежутке пластинчатого электроозонатора. Приведена конструкция и схема замещения барьерной ячейки разрядного блока электроозонирующей установки. Произведен расчет сопротивлений диэлектриков в ней. В результате которого определено, что наименьшим значением обладает поверхностное сопротивление диэлектрического барьера. Экспериментально определена зависимость поверхностного сопротивления стекла диэлектрических барьеров от относительной влажности воздуха, которая позволила получить математическую модель влияния параметров разрядного блока на максимально допустимое значение напряженности электрического поля в разрядном промежутке.

В третьей главе проведено компьютерное моделирование процессов протекающих в разрядном блоке электроозонатора с помощью специализированного отечественного программного обеспечения ELCUT. Для этого автором была рассмотрена двухмерная геометрическая область установки, представляющая собой продольное сечение разрядного блока. В результате моделирования получены напряжения и напряженности электрического поля в рассматриваемой установке. Анализ полученных в ходе компьютерного моделирования данных позволил заключить, что расстояние по поверхности между электродами равное 65 мм достаточно для предотвращения перенапряжения, возникновения дуговой формы разряда и выхода из строя оборудования.

В четвертой главе представлены методика, и результаты экспериментальных исследований технологии применения озонозооной смеси для дезинфекции биореактора и расчёт ее экономической эффективности. В ходе проводимого эксперимента изучалось влияние времени обработки озоном и его концентрации на выживаемость патогенной микрофлоры. Оценка выживаемости проводилась с использованием стандартных микробиологических исследований. Автором получена регрессионная зависимость влияния параметров обработки на количество патогенной микрофлоры и произведена статистическая обработка полученных данных, которая показала адекватность полученной эмпирической модели. На основании полученных результатов определен рациональный бактерицидный эффект, который достигается при концентрации озона равной 20 мг/м³ и времени обработки от 70 до 120

минут. На основании проведенных исследований и экспериментов был разработан электроозонатор для работы в условиях высокой влажности биореактора.

Экономическая часть диссертационного исследования сделана по результатам внедрения разработанного электроозонатора на Биокомбинате ИП Исупова Е.В. станции Челбасская (Краснодарский край). Рассчитанная экономическая эффективность, выраженная через чистый дисконтированный доход, составила 27 тыс. руб./год на тонну продукции за счет сокращения энергопотребления и сохранения качества биомассы, а срок окупаемости составил 2 года.

В заключении приведены основные выводы по проведенному исследованию.

Первый вывод соответствует первой поставленной задаче, носит информативный характер и свидетельствует о высокой энергоемкости паровой дезинфекции биореакторов и подтверждает перспективность применения электроозонирования.

Второй вывод соответствует второй поставленной задаче и констатирует о ее решении в виде теоретического определения конструктивных параметров разрядной ячейки электроозонатора, которые обеспечивают устойчивую генерацию озона при влажности обрабатываемой среды свыше 90%.

Третий вывод соответствует третьей поставленной задаче, фиксирует результат получения математических моделей разрядного блока, учитывающих влияние напряжения питания, влажности воздуха и геометрических параметров ячейки на электрическую прочность диэлектрика и распределение напряжённости поля. Результаты, полученные по разработанным моделям не имеют экспериментального подтверждения.

Четвертый вывод соответствует четвертой поставленной задаче и констатирует о ее решении. Достоверен и подтверждается экспериментом.

Пятый вывод соответствует пятой задаче, достоверен, что подтверждается актом апробации, свидетельствует о значительном снижении энергозатрат на технологический процесс.

Шестой вывод соответствует шестой задаче, констатирует о проведении экономического расчета доказавшего эффективность от внедрения озонирующей установки. Вывод достоверен и подтверждается результатами расчета по современной методике, используемой для инвестиционных проектов.

Замечания по диссертационной работе

1. В первой главе автор часто говорит о проведенном им литературном анализе по теме диссертации, но при этом не приводит ссылок на источники. Например, на страницах 27 и 28 диссертации.

2. Неубедительно обоснован выбор пластинчатой конструкции электроозонатора, как наиболее удачной для рассматриваемого применения.

3. Во второй главе автором при расчете значений различных типов сопротивлений пластинчатого разрядного блока не учитывается влияние температуры, которая существенно изменяется при работе электроозонатора.

4. Автор не приводит методику экспериментального получения им зависимости поверхностного сопротивления стекла от относительной влажности воздуха, которая приведена на рис. 2.8 диссертации, а также статистическую обработку полученных данных.

5. В третьей главе нет данных о начальных и граничных условиях, которые использовал автор для компьютерного моделирования разрядного блока электроозонатора в программе ELCUT.

6. Проводилась ли оценка статистической значимости коэффициентов уравнения (4.1)?

7. Автором не дана оценка влияния окислов азота, получаемых при синтезе озона на культивацию в биореакторах.

8. Расчет чистого дисконтированного дохода проводился для временного промежутка 2013-2018 гг. Почему выбран такой период?

9. Следовало дать рекомендации по безопасности использования электроозонаторов в рассматриваемом производстве.

10. В заключении следовало дать рекомендации производству и раскрыть перспективы дальнейших исследований по рассматриваемой теме.

Отмеченные замечания и недостатки несколько снижают качество проведенного диссертационного исследования, но они существенно не влияют на главные теоретические и практические результаты диссертации.

Заключение

Представленная диссертация Пожидаева Дениса Владимировича «Параметры и режимы работы электроозонатора для дезинфекции биореакторов» соответствует паспорту специальности 4.3.2. Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса. Она является законченной самостоятельной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи внедрения перспективного электрофизического метода позволяющего снизить энергозатраты на дезинфекцию рабочей камеры биореактора и имеющей существенное значение для развития страны.

Автореферат отражает содержание и основные положения диссертации.

Диссертация соответствует требованиям к научно-квалификационной работе, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук, в соответствии с п. 9-11, 13 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденных Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842 «О порядке присуждения ученых степеней» а её автор, Пожидаев Денис Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.2.

Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса.

Официальный оппонент:

кандидат технических наук

«30» 05 2025 г.

Цокур Дмитрий Сергеевич



Подпись Цокур Д.С.
ЗАВЕРЯЮ
Зам. начальника отдела
кадров О.А. Абдразакова

Ф.И.О лица, предоставившего отзыв	Цокур Дмитрий Сергеевич
Ученая степень	кандидат технических наук
Ученое звание	-
Специальность, по которой защищена диссертация	05.20.02 – Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве
Место работы, должность	ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», доцент кафедры электрических машин и электропривода
Адрес	350044, Россия, г. Краснодар, ул. Калинина, 13
Телефон	+79530978613
E-mail	dmitry_tsokur@mail.ru