

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РОССИЙСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ – МСХА имени
К.А.ТИМИРЯЗЕВА»

На правах рукописи

Пожидаев Денис Владимирович

Параметры и режимы работы электроозонатора для дезинфекции биореакторов

4.3.2 – Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение
агропромышленного комплекса

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель
Нормов Дмитрий Александрович
доктор технических наук, профессор

Москва – 2025

Оглавление

Введение	4
1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ	10
1.1 Агробиотехнологии и их развитие в Российской Федерации....	10
1.2 Способы получения озонозовоздушных смесей и их применение для дезинфекции различных сред	18
1.3 Физические процессы в разрядной ячейке электроозонатора....	31
1.4 Обоснование научной проблемы и цели исследований.....	38
2 ПРОЦЕССЫ, ПРОХОДЯЩИЕ В РАЗРЯДНОМ ПРОМЕЖУТКЕ ПЛАСТИНЧАТОГО ОЗОНАТОРА	40
2.1 Условия возникновения дуги.....	40
2.2 Напряженность поля в барьерной ячейке разрядного блока.....	50
2.3 Определение максимально эффективной напряженности электрического поля.....	53
2.4 Барьерный разряд в ячейке.....	57
2.5 Поверхностный разряд в ячейке.....	60
2.6 Процессы протекающие при образовании озона в разрядном промежутке.....	65
Выводы по главе.....	72
3 ПРОГРАММНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗРЯДНОГО БЛОКА ЭЛЕКТРООЗОНАТОРА	73
3.1 Моделирование электромагнитных полей с помощью программы ELCUT. Краткая информация о программе ELCUT.....	74
3.2 Модель электрического поля разрядного промежутка.....	76
Выводы по главе.....	87
4 ДЕЗИНФЕКЦИЯ БИОРЕАКТОРА ОЗОНОВОЗДУШНОЙ СМЕСЬЮ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ	88
4.1 Озонозовоздушная обработка биореактора и влияние ее на выживаемость бактерицидной обсемененности.....	88
4.2 Экономическая эффективность применения технологии.....	105
Заключение	118
Список литературы	119

Приложение 1. Акт апробации технологии	137
Приложение 2. Акт об изготовлении макетного образца	138
Приложение 3. Российский сертификат соответствия.....	139
Приложение 4. Технические условия озонатора	140
Приложение 5. Протокол испытаний	157
Приложение 6. Европейские сертификаты	169

Введение

Актуальность. Сельское хозяйство России, на сегодняшний день — одно из важнейших направлений развития экономики страны. Особенно актуально это на фоне поддержки государством малого и среднего бизнеса в области сельскохозяйственного производства с целью импортозамещения [101,104].

Для того чтобы продукция отечественного производителя была конкурентоспособной, она должна соответствовать международным стандартам и при этом себестоимость производства оставаться на низком уровне. Для достижения поставленных задач, необходимо максимально использовать достижения науки и передовые технологии. Это является крайне эффективным средством и позволит снизить энергоемкость множества технологических процессов.

Биотехнологии представляют собой мощный инструмент устойчивого развития сельского и рыбного хозяйства. И, по мнению Продовольственной сельскохозяйственной организации ООН, смогут оказать значительную помощь удовлетворению потребностей растущего и все более урбанизированного населения. Биопрепараты являются важнейшими средствами защиты растений от вредителей и болезней в земледелии. Главная особенность этих средств защиты является их безвредность для человека окружающей среды и животных. Сегодня в России работает 31 государственная биофабрика, но гораздо большее количество принадлежит частному сектору малого и среднего бизнеса, одна из которых есть и в Краснодарском крае. По объему производства биопрепаратов на гектар наш регион занимает 4 место в стране.

Культивирование микроорганизмов в биореакторах – одно из направлений в сельскохозяйственной промышленности, объектами которой являются микробы (бактерии, протозойные организмы). Воспроизведение микроорганизмов при использовании различных по составу и свойствам питательных сред или в условиях обитания восприимчивого организма называется культивированием. Культивирование микроорганизмов в условиях питательных сред получило название промышленного культивирования.

Степень разработанности. При культивировании микроорганизмов чаще всего применяется способ глубинного выращивания в специальных аппаратах –

ферментерах. В продезинфицированный термическим способом ферментер подается заранее измельченное, охлажденное и отстаиваемое сырье, которое в данном ферментерном цехе подвергнется кислотному гидролизу при повышенном давлении и температуре, в результате чего 60-65% содержащихся в них полисахаридов гидролизуются до моносахаридов.

Перед каждым засевом новой культуры, в танках биореакторов необходимо снизить количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ), а также условно-патогенных микроорганизмов до значения коэффициента проскока $K_{п} \leq 0,1\%$. Классическим способом такого обеззараживания является применение горячего водяного пара. Этот процесс является достаточно трудоемким и дорогостоящим по причине расхода большого количества электроэнергии. Зачастую применение водопроводной воды с большим содержанием солей приводит к образованию накипи и появлению коррозии нагревательных элементов, таким образом в установках парогенератора это приводит к частому выходу из строя ТЭНов. Применение горячего пара температурой 110 - 134°C крайне небезопасно для обслуживающего персонала в случае повреждения паропровода.

Технологии и технические средства при обработке различных сред для снижения обсемененности, в том числе с применением электрофизических воздействий исследовались такими отечественными и зарубежными авторами, как: Бородин И.Ф., Ксенз Н.В., Чижевский А.Л., F.Hernandez, S.Menendez, Васильев А.Н., Сторчевой В.Ф., Самарин Г.Н., Стародубцева Г.П., Оськин С.М., Нормов Д.А.

Таким образом, необходимо разработать другой способ обеззараживания, позволяющий избежать вышеописанных проблем. Одним из перспективных электрофизических методов дезинфекции, позволяющим значительно снизить затраты на электроэнергию, является дезинфекция рабочей камеры биореакторов озоном. Это в свою очередь вызывает необходимость совершенствования конструкции существующих электроозонаторов, а также влияния озоновоздушной смеси на фоновое общее микробное число (ОМЧ) внутри танка биореакторов, для применения их в рамках предлагаемого метода обработки.

Цель диссертационной работы— определение параметров и режимов работы электроозонаторов для дезинфекции биореакторов.

Для достижения цели поставлены следующие **задачи исследования**:

1. Провести сравнительный анализ технологий обеззараживания биореакторов и обосновать выбор электроозонирования как энергоэффективного метода дезинфекции.

2. Определить конструктивные параметры разрядной ячейки электроозонатора, обеспечивающие устойчивую генерацию озона при влажности обрабатываемой среды свыше 90%.

3. Разработать математические модели разрядного блока, учитывающие влияние напряжения питания, влажности воздуха и геометрических параметров ячейки на электрическую прочность диэлектрика и распределение напряжённости поля.

4. Экспериментально определить оптимальные режимы озоновой обработки (концентрация озона, время экспозиции) для достижения требуемого уровня дезинфекции биореакторов ($K \leq 0,1\%$).

5. Разработать электротехнологический процесс дезинфекции биореакторов озоном, обеспечивающий минимальное энергопотребление без нарушения биотехнологического процесса.

6. Оценить экономическую эффективность предложенной технологии в сравнении с традиционными методами обеззараживания.

Объектом исследования является ячейка разрядного блока электроозонатора, конструктивные параметры разрядного блока.

Предмет исследования: электрические параметры ячейки разрядного блока от его геометрических размеров и физические характеристики разрядного блока, электротехнологический процесс дезинфекции биореактора.

Научная новизна работы:

- 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.

Теоретическую и практическую значимость работы составляют:

- функциональные зависимости возникновения перенапряжений в ячейке разрядного блока от геометрических и физических параметров, необходимые для включения в состав математических моделей основных физических процессов в электроозонаторе;

- взаимосвязанные математические модели напряженности электрического поля, описывающие физические процессы, протекающие в ячейке разрядного блока электроозонатора;

- компьютерные модели, разработанные в специализированной программной среде Elcut, позволяющие графически определять места перенапряжений и получать рациональные режимы и параметры разрядного блока электроозонатора;

- режимы и параметры электроозонатора, использование которых позволит дезинфицировать биореактор перед засевом новой культуры;

- электротехнологический процесс работы биореактора с использованием озонородушной смеси для его дезинфекции перед засевом новой культуры.

- экономическая эффективность технологии дезинфекции биореактора озоном.

Методы исследования:

теория поля; теория цепей; законы электротехники; основы математического моделирования; моделирование в среде Elcut; статистическая обработка экспериментальных данных, количественный учет микрофлоры по методу НВЧ (наиболее вероятные числа).

На защиту выносятся основные положения:

- функциональные зависимости возникновения перенапряжений в электроразрядной ячейке разрядного блока электроозонатора от геометрических и физических параметров этого блока;
- математические модели физических процессов, протекающих в электроразрядной ячейке разрядного блока электроозонатора;
- компьютерные модели разрядного блока электроозонатора и результаты их математической обработки;
- уравнения регрессии и рациональные режимы и параметры электроозонирующего оборудования, использование которых, позволит эффективно дезинфицировать биореактор перед засевом новой культуры;
- электротехнологический процесс работы биореактора с использованием озонородушной смеси для его дезинфекции.
- экономическая эффективность технологии дезинфекции биореактора озоном.

Реализация результатов работы.

Результаты исследования имеют весомую практическую значимость как для производства, так и для учебного процесса. В частности, полученные математические и программные модели электроозонирующего устройства и разработанная технология используются в учебном процессе для профессиональной переподготовки и повышения квалификации слушателей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», а также в научных исследованиях института. Практическая значимость исследования для производства заключается в разработке параметров серийно производимого электроозонирующего устройства «Норма -15» на базе ООО МИП «Электротехнологии» и использовании его в технологическом процессе дезинфекции биореакторов на биофабриках ООО «Биота» г. Абинск и ИП Юсупова, Краснодарский край, Каневской р-он, ст. Челбасская.

По результатам исследований опубликовано 24 научных работы, из них 1 в издании, размещенном в БД Scopus, 4 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, получены 4 патента РФ. Общий объем публикаций составляет 5,876 печатных листа, из них личный вклад автора – 4,7 печатных листа.

Структура работы.

Диссертация изложена на 170 страницах, состоит из введения, основной части, содержащей 36 рисунков, 8 таблиц, заключения, списка литературы, включающего 165 наименований, в том числе 13 на иностранном языке и 6 приложений.

1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 Агробиотехнологии и их развитие в Российской Федерации

Сельское хозяйство в России развивается в соответствии с мировыми трендами. С одной стороны, наблюдается постепенное сокращение рабочей силы в этом секторе, а с другой – рост товарного производства на душу населения. Современные технологии и интенсивные методы ведения сельского хозяйства становятся основными факторами успешного развития отрасли, особенно в условиях повышения цен на ресурсы, усиливающейся конкуренции со стороны иностранных поставщиков и необходимости соответствия требованиям Всемирной торговой организации (ВТО).

Внедрение биотехнологий в аграрные предприятия значительно улучшает показатели эффективности и помогает минимизировать экологические последствия производства. Согласно оценкам межведомственной рабочей группы по контролю за внедрением биотехнологий при Правительстве РФ, использование биопрепаратов в растениеводстве и животноводстве может приносить экономический эффект свыше 100 миллиардов рублей в год при затратах около 10,5 миллиардов рублей.

Государственная программа развития сельского хозяйства на 2013-2020 годы предусматривает финансирование биотехнологий в 2015-2020 годах в размере 2,226 миллиарда рублей из федерального бюджета и 780 миллионов рублей из бюджетов регионов.

Рынок агробиотехнологий делится на три ключевых сегмента:

- Биотехнологии в растениеводстве: включая биологические средства защиты растений, стимуляторы роста и микробиологические удобрения.
- Генная инженерия: создание новых сортов и видов растений.
- Биотехнологии в животноводстве: вакцины, терапевтические и кормовые антибиотики, диагностические средства, пробиотики и биологические компоненты кормовых добавок.

Биологические средства защиты растений

Одним из самых распространенных способов защиты сельскохозяйственной продукции является применение химических средств защиты растений, известных как пестициды. Однако их интенсивное использование, приводящее к загрязнению продукции, почв и окружающей среды, а также к развитию резистентности у растений, вызывает все большее беспокойство.

В последние годы, наблюдая за активным развитием нового метода защиты сельскохозяйственных культур, основанного на использовании биологических средств защиты растений или биопестицидов, можно отметить, что эти микробиологические препараты создаются на основе микроорганизмов (бактерий, грибов, вирусов и простейших) и продуктов их жизнедеятельности.

Согласно информации из СМИ, основными факторами, способствующими росту рынка биопестицидов в мире, являются развитие органического производства и ужесточение экологических требований к продуктам питания, установленные правительствами многих развитых стран. Проанализировав различные источники информации, можно отметить, что после введения в действие регламента Европейского Союза, регулирующего регистрацию, производство и оборот химических веществ (REACH), из 1000 активных субстанций на рынке осталось лишь около 250, поскольку многие опасные пестициды были запрещены.

Преимущества использования биопестицидов, включая возможность отказаться от химических средств защиты, что снижает общую пестицидную нагрузку и, как следствие, улучшает плодородие почвы, становятся все более очевидными. Также стоит отметить возможность переориентировать ряд хозяйств на производство экологически чистой продукции, а короткий период ожидания, позволяющий собирать урожай всего через несколько дней после обработки, делает биопестициды привлекательными для аграриев.

В России рынок биопестицидов, находясь на начальной стадии развития, сталкивается с рядом препятствий. Большинство аграрных предприятий, функционируя в условиях низкой рентабельности, предпочитают более эффективные и универсальные химические средства защиты. Кроме того, отмечая недостаточный уровень культуры земледелия и осведомленности о современных аграрных

практиках, можно сказать, что органическое земледелие, получившее широкое распространение в Европе, только начинает развиваться в России.

Проникновение биопестицидов в России составляет менее 1%, а общий объем рынка, оцениваемый в 4 миллиона долларов, остается невысоким. Для сравнения, по данным маркетингового агентства Клеффманн-Агростат, объем рынка агрохимикатов в России в 2013 году составил 1,3 миллиарда долларов.

Стоит отметить, что рынок биопестицидов, демонстрируя бурный рост, за последние 5 лет увеличился в финансовом плане в 2 раза. Основные регионы сбыта, расположенные на юге России, включая Краснодарский край, Ставропольский край и Воронежскую область, становятся ключевыми для дальнейшего развития этого сегмента.



Рис 1.1 Рынок сбыта продукции Биокомбината ИП Исупова Е.В. ст. Челбасской Каневского района Краснодарского края

Анализ развития и финансирования биотехнологий в России. Биотехнологии, наряду с информационными и нанотехнологиями, были определены в качестве ключевых направлений инновационного развития российской экономики. Это подчеркивает важность биотехнологического сектора как стратегического элемента для достижения долгосрочных экономических и социальных целей страны.

В целях стимулирования развития биотехнологической отрасли Правительством Российской Федерации была утверждена «Комплексная программа развития биотехнологий в Российской Федерации на период до 2030 года». Стратегической целью данной программы является выход России на лидирующие позиции в области биотехнологий, включая такие направления, как биомедицина, агrobiотехнологии, промышленная биотехнология и биоэнергетика. Создание глобально конкурентоспособного сектора биоэкономики также входит в число приоритетных задач.

Финансирование программы осуществляется из федерального бюджета и внебюджетных источников на паритетной основе. Это означает, что как государственные, так и частные инвестиции играют важную роль в развитии биотехнологической отрасли. Такой подход позволяет привлекать дополнительные ресурсы, что способствует более быстрому и эффективному развитию сектора.

За время реализации программы наблюдается рост числа биотехнологических компаний и стартапов, а также увеличение объемов научных исследований и разработок в данной области. Кроме того, программа поддерживает сотрудничество между научными учреждениями, государственными органами и бизнесом, что создает условия для внедрения инновационных решений и технологий в практику.

Однако, несмотря на достигнутые успехи, сектор биотехнологий в России сталкивается с рядом вызовов. К ним относятся недостаток квалифицированных кадров, необходимость улучшения инфраструктуры для научных исследований и разработок, а также необходимость повышения уровня коммерциализации научных разработок. Развитие и финансирование биотехнологий в России являются важными аспектами инновационной стратегии страны. Успешная реализация «Комплексной программы развития биотехнологий» может привести к значительным достижениям в области науки и экономики, обеспечивая России конкурентные преимущества на международной арене.

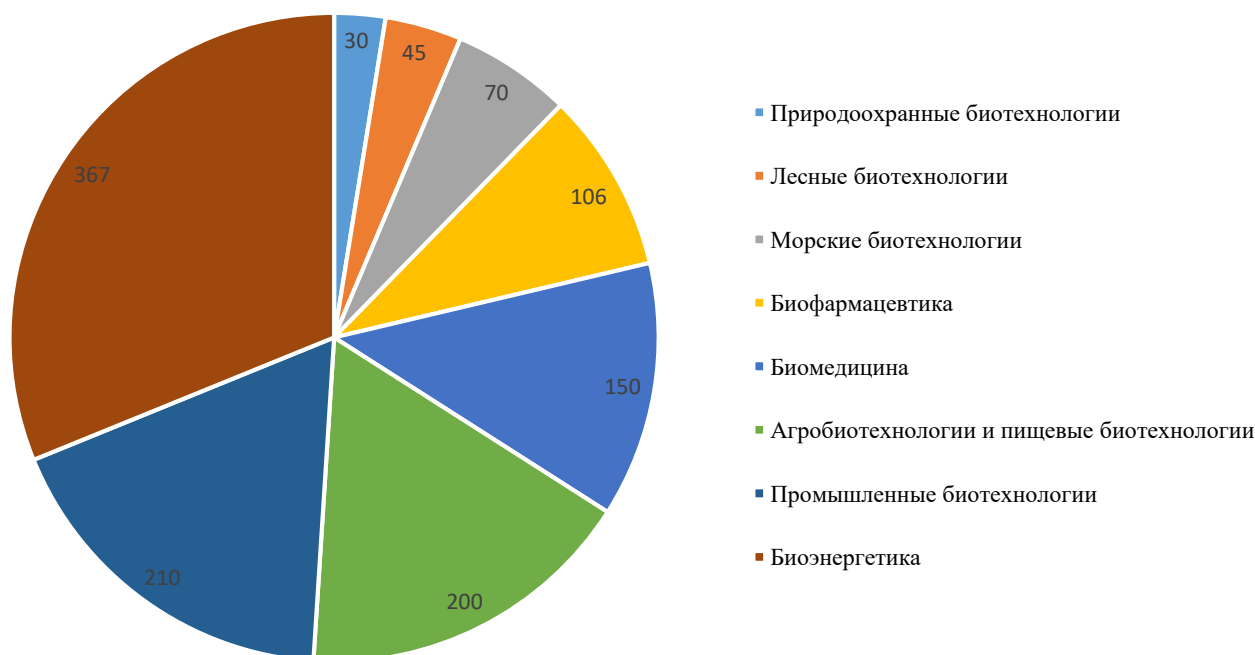


Рис. 1.2. Объем финансирования Комплексной программы развития биотехнологий в Российской Федерации на период до 2020 года (млрд рублей)

ВСЕГО: 1,2 трлн рублей

Правительством Российской Федерации был утвержден план мероприятий («дорожная карта») «Развитие биотехнологий и генной инженерии». Эта дорожная карта концептуально связана с «Комплексной программой развития биотехнологий в Российской Федерации на период до 2030 года» и направлена на стимулирование внутреннего спроса на биотехнологическую продукцию, увеличение объемов экспорта и создание производственно-технологической базы для формирования новых отраслей промышленности.

Стратегической целью данной программы является достижение уровня производства биотехнологической продукции в России в размере около 1% от ВВП к 2030 году, а также создание условий для достижения уровня производства не менее 3% от ВВП к 2040 году. Это подчеркивает амбициозные планы страны по развитию биотехнологического сектора и его интеграции в экономику.

Технология промышленного глубинного культивирования микроорганизмов. Технология микробиологического синтеза включает в себя стадию промышленного культивирования соответствующего микроорганизма

(ферментация). В условиях промышленного производства культивирование может проводиться по двум основным способам:

1. Поверхностный способ: культивирование на твердых питательных средах или на поверхности тонкого слоя жидкой питательной среды.

2. Глубинный способ: культивирование в большом объеме жидкой фазы, содержащей все необходимые питательные вещества для роста и развития микроорганизмов.

Преимущества глубинного культивирования

Глубинный способ культивирования обладает рядом существенных преимуществ по сравнению с поверхностным:

- Гибкость в составлении питательной среды: позволяет изменять концентрации различных компонентов, что способствует максимальному выходу целевого продукта с единицы объема ферментационного оборудования.

- Снижение доли ручного труда: автоматизация процессов, таких как транспортировка питательной среды и загрузка/разгрузка оборудования, значительно упрощает технологический процесс.

- Экономия затрат на автоматизацию: глубинное культивирование требует меньших затрат на организацию автоматизации различных стадий процесса.

- Упрощение переработки биомассы: это облегчает выделение и очистку готового продукта, что важно для повышения общей эффективности производства.

Таким образом, развитие биотехнологий и генной инженерии в России, в частности через внедрение современных технологий культивирования, создает условия для роста сектора и достижения поставленных экономических целей.

Для культивации микроорганизмов необходимо:

1. Подготовить биореактор для культивации;
2. Дезинфицировать его;
3. Подготовить посевной материал - инокулянт.

В ходе подготовки ёмкость биореактора и необходимые подводы реагентов промываются, внутрь помещаются датчики, подключаются необходимые для процесса дополнительные устройства - насосы, титровальные установки и т.д. Биореактор и подводы необходимо дезинфицировать, чтобы устранить возможные

источники инфекции. В лабораторных биореакторах, в зависимости от ёмкости и конструкции, используется один из следующих способов дезинфекции:

1. Автоклавирование – помещение биореактора и подводов в автоклав.
2. Дезинфекция in-situ – подача пара в рубашку биореактора. При этом он не перемещается, и пар подаётся в рубашку через трёхходовой клапан.
3. Дезинфекция изнутри – в этом случае при помощи внутренних термоэлементов доводят ёмкость биореактора до температуры дезинфекции. При этом сосуд должен быть защищён металлическим кожухом.

Первый способ применяется для стеклянных или стеклометаллических биореакторов ёмкостью до 10 литров, т.к. более крупный трудно поместить в автоклав.

Второй способ применяется для стеклянных и металлических биореакторов со стальной рубашкой.

Третий вариант обычно используется в реакторах типа bench-top с мощными встроенными нагревателями, термостатом или парогенератором, ёмкостью до 20 литров.

Во время дезинфекции ёмкость биореактора и подводы должны быть герметически закрыты, чтобы внутрь не проникли микроорганизмы из окружающей среды.

Питательную среду можно дезинфицировать отдельно и затем стерильно ввести в биореактор, например, при помощи перистальтического насоса. Так же питательную среду можно дезинфицировать и вместе с биореактором.

Дезинфекция и очистка воздуха от микроорганизмов традиционными способами. Дезинфекция биореакторов, играя критически важную роль в биотехнологическом производстве, обеспечивает стерильность среды и предотвращает контаминацию культуральной жидкости. Согласно информации из научной литературы, основным методом дезинфекции является использование пара под давлением, что позволяет эффективно уничтожать микроорганизмы.

Принципы дезинфекции

1. Герметизация оборудования: Биотехнологическое оборудование, обладая герметичностью, исключает попадание посторонней микрофлоры. Стерильная передача жидкостей, осуществляемая через специальные штуцеры, минимизирует риск контаминации.

2. Обработка всех компонентов: Дезинфекции подлежат все клапаны, датчики и отверстия, что позволяет гарантировать проникновение пара во все части биореактора и отсутствие "мертвых зон".

Методы дезинфекции

Дезинфекция может быть реализована различными способами, среди которых выделяются:

1. Тепловая дезинфекция: Это наиболее распространенный метод, основанный на использовании высоких температур, которые, согласно публикациям различных авторов, более эффективны для уничтожения клеток микроорганизмов и их спор, чем многие химические вещества. Основная цель — достичь стерильности, сохранив при этом качество питательной среды.

- Периодическая дезинфекция: Процесс, включающий последовательное нагревание, выдержку и охлаждение среды в одном аппарате, имеет свои недостатки. Проанализировав различные источники информации, можно выделить следующие проблемы:

- а. Плохое качество питательной среды из-за длительного воздействия высокой температуры, что приводит к карамелизации сахаров и разрушению витаминов.
- б. Неравномерный расход пара, что усложняет работу котельной.
- в. Увеличенное время простоя ферментера, что негативно сказывается на производительности.
- г. Высокие затраты на электроэнергию для получения пара, что делает процесс экономически невыгодным.
- д. Трудности с автоматизацией, возникающие из-за особенностей периодической дезинфекции.

- Непрерывная дезинфекция: Каждый элементарный процесс, осуществляемый в специализированных аппаратах, таких как нагреватели и

теплообменники, имеет ряд преимуществ. Согласно информации из научной литературы, этот метод позволяет:

- а. Сократить время выдержки при высоких температурах, что минимизирует деструкцию компонентов питательной среды.
- б. Обеспечить более равномерную загрузку котельной и легкость в контроле и управлении процессом.
- в. Использовать выделяющееся тепло для получения горячей воды, что делает процесс более эффективным.

Непрерывное нагревание среды, осуществляемое без прямого контакта с теплоносителем, позволяет избежать загрязнения. Обычно используется инжестирование перегретого пара (100-140 °С), что, согласно публикациям различных авторов, обеспечивает быструю и эффективную дезинфекцию.

Таким образом, дезинфекция и очистка воздуха от микроорганизмов в биореакторах — это важные процессы, требующие тщательного подхода и выбора наиболее эффективных методов. Понимание преимуществ и недостатков различных методов дезинфекции, проанализировав различные источники информации, позволяет оптимизировать производственные процессы в биотехнологии и обеспечить высокое качество конечной продукции.

Рассматривая вышеизложенные способы дезинфекции с использованием пара, необходимо отметить, что их объединяет один общий существенный недостаток: для получения большого количества водяного пара, расходуется значительное количество электроэнергии. Так, например, для биореактора объемом 4м³ парогенератор включает в себя 12 ТЭНов по 3 кВт каждый. Процесс дезинфекции всего биореактора занимает 2 часа. Парогенератор устанавливается для каждого биореактора отдельно. Таким образом расход электроэнергии лишь для получения пара при одном цикле работы биореактора составляет 72 кВт·ч

1.2 Способы получения озонородных смесей и их применение для дезинфекции различных сред

Специфика подготовки воздуха состоит в том, что требуется дезинфекция воздуха от мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, а

также условно-патогенных микроорганизмов до значения коэффициента проскока $K_{\text{п}} \leq 0,1\%$. Обзор источников показывает, что достижение такого результата возможно при использовании озона.

Озон действительно имеет долгую историю применения в качестве дезинфицирующего средства, и его эффективность была признана в различных нормативных документах и рекомендациях. Давайте подробнее рассмотрим его особенности и применение.

Озон как дезинфицирующее средство.

1. Историческая основа: Озон был рекомендован в ряде инструкций и методических рекомендаций, начиная с 1970-х годов, как средство для дезинфекции в различных отраслях, включая торговлю и пищевую промышленность. Его использование в ветеринарии и медицине также было официально признано.

2. Признание и безопасность: В 1997 году в США озон был признан безопасным средством для хранения и переработки продуктов питания, а в 1998 году в России он был внесён в официальный перечень дезинфектантов, разрешённых для использования в лечебно-профилактических учреждениях.

3. Экологичность: Озон признан экологически чистым дезинфектантом в Беларуси и разрешён для применения в медицине и пищевой промышленности. Это делает его привлекательным выбором для дезинфекции, особенно в условиях, когда важно минимизировать использование химических веществ.

Механизм действия озона. Окислительные свойства: Озон обладает мощными окислительными свойствами, что делает его эффективным против различных микроорганизмов, включая бактерии, вирусы, грибы и простейшие. Он разрушает клеточные мембраны, окисляя фосфолипиды и липопротеиды, что приводит к гибели клеток. Эффективность в влажной среде: Озон проявляет свою эффективность особенно в условиях повышенной влажности, где образуются высокореакционные гидроксильные радикалы при его разложении в воде. Отсутствие раздражения: в отличие от многих химических антисептиков, озон не вызывает раздражения тканей, что делает его безопасным для применения в медицинских и пищевых сферах.

Применение озона в биореакторах. Хотя озон имеет множество преимуществ, его использование для дезинфекции биореакторов требует тщательного изучения.

Важно определить оптимальные режимы и параметры обработки, чтобы избежать негативного влияния на технологический процесс. Это включает контроль концентрации озона и времени экспозиции, чтобы гарантировать эффективность дезинфекции без ущерба для качества среды и клеток.

Озон, благодаря своим уникальным свойствам и долгой истории применения, является мощным инструментом для дезинфекции в различных отраслях. Однако его использование в биотехнологии и других высокотехнологичных процессах требует внимательного подхода и научного обоснования, чтобы обеспечить безопасность и эффективность.

Для создания технологического процесса дезинфекции биореактора озоновоздушной смесью, с целью снижения себестоимости существующего процесса, целесообразно разработать озонатор повышенной производительности и надежности для работы в условиях повышенной влажности и ответственности производства. Технические требования к необходимым озонирующим устройствам будут отличаться от тех, которые используются в других сферах, в том числе, производимых промышленностью. Наряду с высокой надежностью, озонирующие устройства для этой цели также должны обладать стабильной производительностью.

Способы получения озона и типы конструкций генераторов озона. Озон, представляя собой высокоактивную аллотропную форму кислорода, характеризуется рядом уникальных свойств, делающих его важным объектом научных и технологических исследований. Согласно информации из литературы, при обычных условиях озон существует в виде газа светло-голубого цвета, обладающего резким характерным запахом. Проанализировав различные источники информации, можно утверждать, что его образование происходит в процессах, сопровождающихся выделением атомарного кислорода, а также при воздействии на молекулярный кислород потока высокоэнергетических частиц.

Свойства и механизмы образования озона. Следует отметить, что взаимный переход кислорода и озона характеризуется неполной обратимостью, вследствие чего даже в чистом кислороде всегда присутствует некоторое равновесное количество озона. Как отмечают различные авторы, распад озона происходит медленно при низких температурах, но резко ускоряется при нагревании. Данный факт объясняется

тем, что скорость образования озона практически не зависит от температуры, в то время как скорость его разложения экспоненциально возрастает при ее повышении.

При взаимодействии с другими веществами озон, легко отдавая один атом кислорода, проявляет себя как чрезвычайно сильный окислитель. Необходимо обратить внимание на то, что исключительно высокая окислительная активность является наиболее характерным химическим свойством озона. По сути, окисление озоном представляет собой процесс, аналогичный окислению атомарным кислородом, но стабилизированный за счет метастабильности молекул O_3 . Известным фактом является то, что способность озона вступать в реакции практически со всеми функциональными группами органических соединений лежит в основе его мощного бактерицидного и фунгицидного действия.

Основные методы синтеза озона. Основной реакцией образования озона считается процесс присоединения атомарного кислорода к молекуле O_2 в присутствии третьей частицы (M), что может быть выражено уравнением:



Существует множество способов получения озона, среди которых можно выделить следующие:

1. Термический метод

Простейший способ синтеза озона заключается в нагревании кислорода до высоких температур (4000–5000 °C). При таких условиях равновесная концентрация озона в газовой смеси возрастает. Однако, как отмечают исследователи, быстрое охлаждение, необходимое для стабилизации O_3 , сопряжено с высоким риском взрыва, что делает данный метод малоприменимым на практике.

2. Электролитический метод

Основан на пропускании электрического тока через растворы электролитов, что приводит к выделению озона на аноде. Несмотря на возможность получения высоких концентраций O_3 , метод требует значительных энергозатрат и сложен в реализации.

3. Фотохимический метод

Заключается в облучении кислорода ультрафиолетовым излучением ($\lambda = 185$ нм), что вызывает его диссоциацию с последующим образованием озона. Данный

способ, хотя и является энергоэффективным, не позволяет получать озон в промышленных масштабах.

4. Химический метод

Включает реакции разложения пероксидных соединений или окисления некоторых веществ (например, серной кислоты). Однако выход озона в таких процессах невелик, а сами реакции часто сопровождаются образованием побочных продуктов.

5. Электросинтез в барьерном разряде

Наиболее рациональным и широко применяемым в промышленности способом является синтез озона в барьерном электрическом разряде. В основе метода лежит диссоциация молекул O_2 под воздействием энергии электронов в диэлектрическом промежутке.

Конструкции генераторов озона

Согласно информации из литературы, современные озонаторы можно классифицировать по типу разряда:

- Коронные генераторы – используют тлеющий или коронный разряд;
- Барьерные (диэлектрические) генераторы – наиболее распространены, обеспечивают стабильный выход озона;
- Плазменные генераторы – применяют низкотемпературную плазму для более эффективной диссоциации O_2 .

Необходимо обратить внимание на то, что ключевым параметром, влияющим на эффективность синтеза, является энергия электронов. По мнению многих авторов, оптимальный диапазон составляет 4,5–12 эВ, при котором вероятность диссоциации молекул кислорода максимальна. Однако существуют и альтернативные точки зрения. Например, Кривошеин И.П. указывает на более высокие значения (6,1–19,2 эВ), тогда как З.Н. Вигдорович и др. считают оптимальной энергию около 5 эВ. Подобные расхождения, вероятно, связаны с различиями в условиях экспериментов и составом газовых смесей. Таким образом, несмотря на существование множества методов получения озона, наиболее перспективным остается электросинтез в барьерном разряде, позволяющий достигать высокой производительности при относительно низких энергозатратах. Дальнейшие исследования в этой области могут

быть направлены на повышение эффективности генераторов и разработку безопасных методов выделения чистого озона.

Основное дифференциальное уравнение синтеза озона в барьерном разряде, по мнению многих авторов [32,43,96], имеет вид:

$$\frac{dx}{dt} = K_0 - K_1 x_1 \quad (1.1)$$

где K_0 – константа скорости образования озона;

K_1 – константа скорости разложения озона;

X – концентрация озона.

Согласно информации из литературы, для описания химических реакций, происходящих при электрических разрядах в проточных системах, можно использовать стандартные кинетические уравнения, подвергнутые определенной модификации. Как отмечают различные авторы, ключевым преобразованием здесь является замена временного параметра на фактор удельной энергии P/Q , где P представляет собой мощность, рассеиваемую в активной зоне разряда, а Q – объемную скорость потока газа.

Проанализировав различные источники информации, можно прийти к выводу, что такая замена позволяет более точно моделировать процессы, протекающие в динамических условиях газового потока. Необходимо обратить внимание на то, что интегрирование данного уравнения приводит к получению кинетической модели, адекватно описывающей процесс электросинтеза озона в условиях газового разряда.

Известным фактом является то, что подобный подход широко применяется при расчетах озоногенерирующих установок, поскольку он учитывает, как энергетические, так и гидродинамические параметры системы. По мнению многих авторов, использование фактора P/Q является более корректным по сравнению с традиционными временными зависимостями, особенно в случае проточных реакторов, где время пребывания реагентов в зоне реакции может существенно варьироваться.

Следует отметить, что предложенная методика не только упрощает математическое описание процесса, но и позволяет более эффективно оптимизировать режимы работы озоногенераторов, учитывая взаимосвязь между

энергозатратами и производительностью установки. Интегрируя уравнение, получаем кинетическое уравнение, описывающее электросинтез озона при газовых разрядах:

$$X = \frac{K_0}{K_1} \left(1 - \exp\left(K_1 \cdot \frac{P}{Q} \right) \right) \quad (1.2)$$

Это уравнение можно считать общепринятым [33,92,112].

Согласно данным, представленным в научной литературе, в работах Филиппова Ю.В. и Кабозева Н.И. была экспериментально выявлена и детально изучена температурная зависимость констант образования и разложения озона [101]. Проанализировав различные источники информации, следует отметить, что полученные исследователями результаты имеют важное значение для понимания кинетики озоногенерирующих процессов.

Однако, как показали дальнейшие исследования, проведенные Филипповым Ю.В. тщательное сравнение расчетных значений концентрации озона, определяемых по предложенному уравнению, с экспериментальными данными выявило существенное расхождение. Необходимо обратить внимание на то, что используемое уравнение не учитывает наблюдаемого в экспериментах снижения концентрации озона при достижении мощностью разряда максимальных значений.

Известным фактом является то, что данное несоответствие может быть обусловлено несколькими факторами. По мнению многих авторов, игнорируя эффект снижения концентрации озона после прохождения максимума мощности, существующие модели существенно ограничивают свою прогностическую способность. Следует особо подчеркнуть, что это расхождение между теорией и экспериментом требует дальнейшего тщательного изучения и возможной модификации теоретических подходов.

Анализируя представленные данные, можно заключить, что полученные Филипповым Ю.В. результаты указывают на необходимость учета дополнительных факторов при математическом моделировании процессов озоногенерации, особенно в области максимальных мощностей разряда. Этот вывод имеет принципиальное значение для совершенствования методов расчета и проектирования озоногенерирующих установок. [95].

Анализ конструктивных особенностей современных озонаторов и перспективы их усовершенствования. Согласно современным научным представлениям, генератор озона барьерного типа представляет собой сложное электротехническое устройство, основу которого составляют два параллельно расположенных электропроводящих электрода, разделенных строго определенным промежутком. Как отмечают различные исследователи, критически важным конструктивным элементом является диэлектрический слой, наносимый на поверхность одного или обоих электродов. Проанализировав специализированную литературу, можно утверждать, что данный материал должен характеризоваться исключительно высокими показателями удельного сопротивления, что подтверждается многочисленными экспериментальными данными.

Необходимо особо подчеркнуть, что наличие диэлектрического барьера выполняет две ключевые функции:

1. Предотвращает переход разряда в дуговую или искровую форму
2. Обеспечивает формирование равномерного плазменного слоя

Проведя комплексный анализ научных публикаций [34, 63, 97], следует отметить, что эффективность работы озонатора определяется рядом внешних факторов, не связанных непосредственно с его конструкцией:

- Химический состав обрабатываемой газовой смеси
- Показатели относительной влажности
- Параметры газового потока (скорость, давление)

Известным фактом является то, что производительность озонаторов находится в сложной зависимости от расхода воздуха. Как установлено в работах [30, 94], данный параметр определяет время контакта реагентов в активной зоне. Однако, согласно исследованиям Хмары В.Ф. и соавторов [102], наблюдается нелинейный характер этой зависимости - после достижения определенного значения расхода происходит снижение выхода озона, обусловленное выносом заряженных частиц из зоны реакции.

С точки зрения конструктивных особенностей, на эффективность генерации озона влияют следующие параметры:

1. Система терморегуляции:

- Наличие принудительного охлаждения

- Теплоотводящие элементы конструкции

(Что особенно важно для предотвращения термического разложения озона)

2. Диэлектрические характеристики:

- Физико-химические свойства барьерного материала

- Оптимальная толщина изоляционного слоя

(Определяющие энергетические параметры разряда)

3. Геометрия разрядного промежутка:

- Ширина рабочей зоны

- Конфигурация электродов

(Подбираемые в соответствии с целевыми показателями производительности)

Следует обратить особое внимание на то, что озон относится к категории термически нестабильных соединений, что исключает возможность его длительного хранения и транспортировки в чистом виде. В связи с этим современные тенденции развития озонаторных технологий предполагают:

- Создание специализированных установок для различных отраслей

- Разработку компактных генераторов для локального применения

- Особенно актуальное для агропромышленного комплекса производство озона непосредственно в местах использования

Проведя классификацию по производительности, современные озонаторы можно разделить на три категории:

1. Маломощные установки (<1 кг/ч)

2. Устройства средней производительности (1-10 кг/ч)

3. Промышленные генераторы (>10 кг/ч)

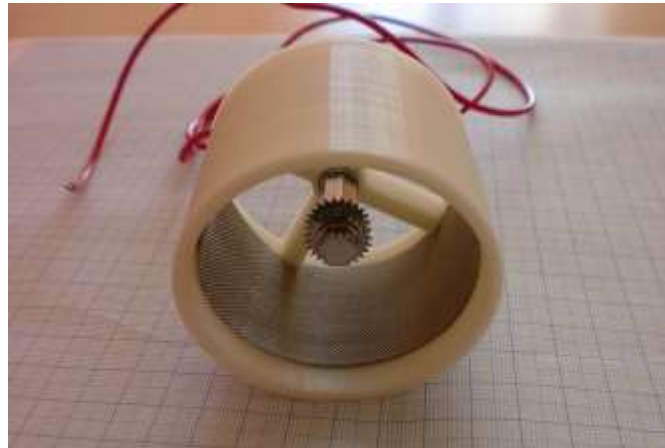
Таким образом, современные тенденции развития озонаторных технологий демонстрируют необходимость комплексного подхода, учитывающего как физико-химические основы процесса озонирования, так и специфические требования различных отраслей-потребителей. Анализ патентной литературы показывает, что по конструктивному исполнению выделяются следующие типы генераторов (Рис 1.6):



а)



б)



в)

Рис. 1.6 Различные типы конструкций разрядного блока озонаторов:

а) трубчатый; б) пластинчатый; в) игольчатый

Согласно данным научных исследований, конструктивное исполнение электродов в озонаторах может существенно варьироваться, однако наибольшее распространение получили два основных типа: система параллельных пластин и коаксиальные цилиндры различного диаметра. Как отмечают различные авторы, ключевой особенностью данных конструкций является наличие воздушного зазора между диэлектрическим барьером и электродом (или между двумя диэлектриками), что подтверждается многочисленными патентными решениями. При подаче высокого напряжения в межэлектродном пространстве формируется разрядный процесс, инициирующий цепные реакции синтеза озона из молекулярного кислорода.

Сравнительный анализ трубчатых и пластинчатых конструкций

Проведя анализ современных промышленных решений, следует отметить преобладание трубчатых конструкций, обусловленное в первую очередь удобством интеграции систем жидкостного охлаждения. Однако, проанализировав последние

публикации, можно наблюдать растущий интерес к пластинчатым модификациям, особенно для установок малой и средней мощности (до 5-7 кг/ч). Необходимо обратить внимание на то, что такие конструкции обладают рядом преимуществ:

- Упрощенная технология изготовления
- Компактные габариты
- Сниженная материалоемкость

В то же время, следует отметить характерный недостаток - отсутствие систем осушки воздуха в базовых комплектациях, что приводит к некоторому росту удельных энергозатрат, хотя для маломощных установок этот фактор не является критическим.

Влияние частотных характеристик на процесс озонирования

Особый научный интерес представляет исследование влияния частоты питающего тока на эффективность генерации озона. Экспериментальные данные, полученные KissEndre и MasudaSenichi при работе с керамическими (Al_2O_3) электродами в диапазоне 50 Гц - 10 кГц, демонстрируют существенную зависимость производительности от частотных параметров. Парадоксально, но исследования Данилина В.В. и Жукова Н.В. на трубчатых конструкциях (2 кГц, 7 кВ) не выявили значимых преимуществ частотно-импульсных режимов.

Известным фактом является то, что:

- Оптимальный частотный диапазон по Вигдоровичу В.Н. составляет 7-10 кГц
- При достижении 1 МГц наблюдается резкое падение эффективности
- Максимальная производительность достигается при резонансных частотах

(WagnerK. et al.)

Таким образом, вопрос частотной оптимизации остается дискуссионным и требует дальнейших исследований.

Инновационные материалы и конструкции

Современные разработки направлены на решение трех ключевых задач:

1. Повышение надежности и ресурса
2. Уменьшение габаритов
3. Обеспечение стабильности работы при высокой влажности

Ярким примером являются японские озонаторы с ион-проводящей керамикой ($ZrO_2 + CaO$), где:

- Кислород ионизируется в межэлектродном пространстве
- Активные формы кислорода диффундируют через керамическую мембрану
- Синтез озона происходит в специальной камере

Однако, необходимо отметить, что такие решения существенно увеличивают себестоимость оборудования.

Перспективные динамические системы

Анализ патентной литературы [68,127] выявляет интересные разработки с подвижными элементами:

- Вращающиеся диэлектрические барьеры (конструкция Пичугина Ю.П.)
- Вибрирующие электродные системы

Основные преимущества:

- Повышение производительности до 35%
- Интенсификация теплоотвода
- Улучшение массопереноса

Однако, следует учитывать, что такие решения:

- Увеличивают энергопотребление
- Снижают надежность
- Усложняют конструкцию

Таким образом, выбор оптимальной конструкции должен основываться на тщательном анализе технико-экономических показателей для конкретных условий эксплуатации. Перспективным направлением представляется разработка гибридных решений, сочетающих преимущества различных конструктивных подходов.

На производительность озонатора могут влиять различные факторы (Рис. 1.7)

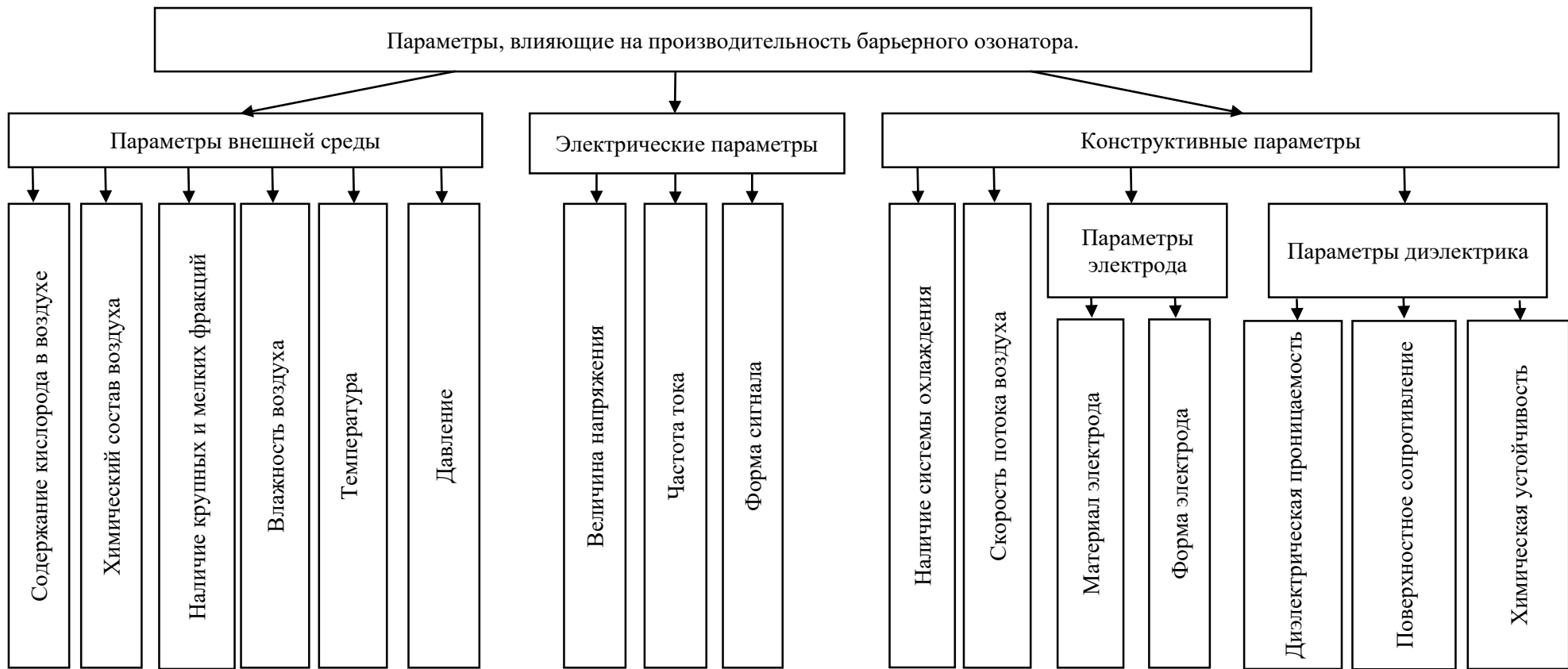


Рис 1.7. Параметры, влияющие на производительность барьерного озонатора.

1.3 Физические процессы в разрядной ячейке электроозонатора.

Современные озонаторы, генерируя озон посредством электрического разряда в воздухе или кислороде, представляют собой сложные устройства, состоящие из генераторов озона и источников питания. Согласно информации из литературы, эти устройства являются важными компонентами озонаторных установок, которые, помимо озонаторов, включают в себя вспомогательные системы, такие как очистка и осушка рабочего газа (воздуха или кислорода), системы охлаждения, компрессоры и измерительные приборы.

Необходимо обратить внимание на то, что озон (O_3) в настоящее время активно используется в различных озонных технологиях, включая очистку и подготовку питьевой воды, а также обработку сточных вод — как бытовых, так и промышленных. Проанализировав различные источники информации, можно отметить, что производительность озонаторов может значительно варьироваться, составляя от долей грамма до десятков килограммов озона в час, в зависимости от специфики применения.

Среди множества современных конструкций озонаторов, использующих электрический разряд для получения озона, наибольшее распространение, согласно информации из литературы, получили устройства с барьерным разрядом. Проанализировав различные источники, можно отметить, что данные установки отличаются высокой эффективностью. Например, один такой озонатор, производя до 15 кг озона в час, демонстрирует выдающиеся показатели производительности.

Как отмечают различные авторы, барьерный разряд представляет собой уникальный метод генерации озона, происходящий в узком газовом зазоре между плоскими или коаксиальными электродами, где один (или оба) из них покрыт твердой диэлектрической оболочкой. Следует отметить, что при подключении переменного напряжения, превышающего пробивное значение газового промежутка, возникает разряд, состоящий из множества отдельных искр, хаотично появляющихся и исчезающих в пространстве и

времени. Этот процесс продолжается до тех пор, пока мгновенное значение напряжения на электродах не достигнет максимума (U_{\max}).

Известным фактом является то, что ключевой особенностью барьерного разряда служит накопление заряда на поверхности диэлектрического барьера в процессе формирования каждой отдельной искры. Предположим, что к промежутку с барьером подключено переменное напряжение, при котором еще не наблюдается разряд. В таком случае, распределяясь между емкостями барьера и газового промежутка, оно создает условия, при которых к газу прикладывается напряжение:

$$U_{\Gamma} = U \frac{C_{\delta}}{C_{\delta} + C_{\Gamma}} \quad (1.3)$$

где U – напряжение на электродах; C_{δ} – емкость барьера; C_{Γ} – емкость газового промежутка.

Анализируя различные источники информации, можно сделать вывод, что в первом полупериоде воздействующего напряжения, когда электрод с диэлектриком выступает в роли анода, напряженность внешнего поля $E_{вн}$, создаваемого приложенным напряжением, достигает значения, достаточного для ионизации. В промежутке, начиная интенсивные ионизационные процессы, формируются лавины, направленные к диэлектрическому барьеру.

Согласно исследованиям, при нормальной плотности газа в разрядном промежутке длиной $l = 1 - 3$ мм развитие лавин может привести к образованию объемных зарядов с плотностью N , при которой выполняется условие перехода лавины в стример ($N = 10^8$ 1/см³). Необходимо обратить внимание на то, что при выполнении данного условия в определенной области промежутка образуется стримерный канал, головка которого достигает поверхности электрода, покрытого диэлектрическим барьером. Это, в свою очередь, приводит к пробое газового промежутка по многолавино-стримерному механизму, визуально проявляющемуся в виде искры. Данному процессу соответствует напряжение $U_{пр}$.

Обращая внимание на динамику образования и движения лавин, особенно при приближении головки стримера к диэлектрическому барьеру, можно заметить, что на его поверхность оседают отрицательные заряды — электроны. Проведенные исследования показывают, что диаметр канала стримера составляет примерно 0,1 мм, причем аналогичного размера оказывается пятно заряда, осевшего на барьере. Положительные ионы, образующиеся в процессе лавинообразования и обладая значительно меньшей подвижностью, постепенно смещаются к металлическому катоду, где нейтрализуются.

По мнению многих авторов, оседание отрицательного заряда на поверхности диэлектрического барьера обусловлено высоким объемным сопротивлением материала. Кроме того, высокое поверхностное сопротивление препятствует растеканию заряда, что приводит к формированию локализованного заряженного диска с максимальной плотностью в центре. Создаваемое им электрическое поле включает как нормальную, так и тангенциальную составляющие, под действием которых вдоль поверхности барьера инициируется поверхностный разряд лавинного типа.

Важно подчеркнуть, что в рассматриваемом случае отрицательно заряженный диск способствует образованию круглого пятна, диаметр которого значительно превышает размеры начального заряда. Так, одиночный разряд в промежутке может создать пятно диаметром до 15–17 мм, что подтверждает высокую интенсивность процессов, протекающих в барьерном разряде.

Согласно современным исследованиям в области физики газового разряда, после инициирования поверхностного разряда на диэлектрическом барьере происходит формирование локальной области с отрицательным пространственным зарядом. Проанализировав различные источники информации, следует отметить, что данный процесс сопровождается генерацией компенсирующего электрического поля с нормальной

составляющей напряженности E_{oc} , направленного противоположно внешнему приложенному полю. Как показывают экспериментальные данные, величина этого поля может достигать значительных значений порядка нескольких кВ/см.

Необходимо обратить внимание на то, что результирующая напряженность поля в разрядном промежутке, согласно фундаментальным уравнениям электростатики, описывается соотношением:

$$E = E_{вн} - E_{oc} \quad (1.4)$$

где $E_{вн}$ представляет собой внешнее приложенное поле. Известным фактом является то, что подобное снижение эффективной напряженности поля приводит к подавлению ионизационных процессов в данной области, что вызывает быстрое затухание разряда. Особого внимания заслуживает временной масштаб данного явления - весь процесс развивается в течение временного интервала, не превышающего 10 наносекунд, причем, как отмечают различные авторы, величина приложенного напряжения в течение этого периода остается практически постоянной.

Параллельно с этим, в другой части межэлектродного промежутка наблюдается инициирование нового стримерного канала, где повторяется аналогичный цикл развития и затухания разряда. Следует подчеркнуть, что данный процесс носит дискретный характер: множественные микровысвечивания в различных точках промежутка последовательно возникают и затухают до момента достижения приложенным напряжением своего максимального значения U_m . Как демонстрируют экспериментальные данные, в частности осциллограммы тока через промежуток (рис. 2.3), данный процесс проявляется в виде фоновой кривой смещенного тока $i_{см}$ с суперпозицией кратковременных импульсов, соответствующих отдельным искровым разрядам.

Особый интерес представляет анализ ситуации в первом полупериоде, когда электрод с диэлектрическим покрытием выполняет функцию катода.

Проанализировав различные источники информации, можно констатировать, что в данном случае развитие разряда происходит в условиях отсутствия предварительно накопленных поверхностных зарядов. Формирующийся стримерный канал, распространяющийся в направлении металлического электрода, характеризуется специфической динамикой: все электроны, достигая анода, полностью поглощаются металлом, не создавая заметного поверхностного заряда. Однако, как отмечают исследователи, положительные ионы продолжают движение к катодному барьеру, где осаждаются на диэлектрической поверхности, формируя локальную область положительного заряда.

Известным фактом является то, что данный механизм приводит к возникновению характерных поверхностных разрядов стримерного типа, оставляющих на диэлектрике специфические повреждения в форме звездообразных структур. Следует отметить, что максимальная напряженность поля E_{oc} в этих зонах также достигает значений в несколько кВ/см, что приводит к существенному снижению результирующего поля в промежутке и прекращению разрядной активности. Экспериментально установлено, что диаметр таких звездообразных повреждений может варьироваться в пределах 20-25 мм. Как и в предыдущем случае, разрядная активность полностью прекращается при достижении напряжением значения U_m .

Качественно иная картина наблюдается при анализе разрядов в условиях наличия остаточного заряда от предыдущего полупериода. Согласно информации из литературы, высокое удельное поверхностное сопротивление диэлектрического материала препятствует полной релаксации накопленных зарядов в течение одного периода. Это приводит к тому, что пространственное распределение зарядов к началу нового цикла разряда сохраняет конфигурацию, близкую к конечному состоянию предыдущего полупериода.

Необходимо обратить внимание на то, что в данной ситуации поле остаточных зарядов складывается с внешним приложенным полем, создавая

области с повышенной локальной напряженностью. Как показывают экспериментальные данные, в зонах расположения остаточных зарядов (звездообразных повреждений) пороговое значение напряженности поля E_n достигается значительно раньше, чем в других участках промежутка. Это приводит к пространственной привязке ионизационных процессов и последующих разрядов к местам предыдущих микровысвечиваний.

По мнению многих авторов, длительное воздействие переменного напряжения приводит к существенному усложнению картины разряда. Однако анализ экспериментальных данных позволяет выявить универсальные закономерности: в каждом полупериоде разряд проявляется в виде дискретных, быстро затухающих микровысвечиваний. Следует подчеркнуть, что инициация разряда происходит при значениях приложенного напряжения, меньших стандартного разрядного напряжения для данного газового промежутка. Как демонстрируют статистические исследования, параметры генерируемых токовых импульсов (их количество и амплитуда) носят вероятностный характер и подчиняются определенным статистическим закономерностям.

Модифицированный механизм озonoобразования в барьерном разряде. Динамика электрохимических процессов. Согласно информации из литературы, в ходе развития индивидуального микрозаряда, сопровождающегося множеством электронных переходов, наблюдается сложный каскад электрохимических превращений, включающий как синтез, так и деструкцию озона. Как отмечают различные авторы, хотя полный цикл реакций насчитывает свыше 70 стадий, ключевыми для генерации озона являются следующие процессы:

1. Первичная диссоциация

Следует отметить, что иницирующая стадия представляет собой распад молекулы O_2 , происходящий при столкновении со свободным электроном ($\tau \approx 1-10$ нс). При этом необходимо обратить внимание на то, что энергия активации этого процесса соответствует 5.1 эВ.

2. Ассоциация с третьей частицей

Проанализировав различные источники информации, можно утверждать, что образование O_3 , протекающее с участием стабилизирующей частицы M (атома, иона или возбужденной молекулы), требует значительно большего времени, достигающего 10 мкс.

Термодинамический баланс. Известным фактом является то, что параллельно с синтезом неизбежно протекает термическая деградация озона, скорость которой, возрастая экспоненциально с температурой (энергия активации 104 кДж/моль), существенно влияет на выходной результат. Согласно экспериментальным данным, результирующая концентрация в выходном потоке (10^{-1} – 10 г/м³) определяется динамическим равновесием, описываемым соотношением:

$$d[O_3]/dt = k_1[O_2][e^-] - k_2[O_3]\exp(-E_a/RT)$$

Преимущества барьерной конфигурации

Анализируя работу современных озонаторов, следует подчеркнуть, что диэлектрический барьер обеспечивает три критически важных преимущества:

Пространственно-временная дискретность. Как показывают исследования, локализация микрозарядов (≈ 100 мкм, 10-100 нс), достигаемая благодаря барьеру, позволяет эффективно отводить тепло через охлаждаемые электроды, тем самым подавляя нежелательный термический распад O_3 .

Необходимо обратить внимание на то, что барьер, выполняя функцию ballast-сопротивления и ограничивая токи до 0.1-1 А/см², способствует минимизации джоулевых потерь, что подтверждается многочисленными экспериментами.

Согласно данным, опубликованным в специализированной литературе, стабильная напряженность поля ($E \approx 20$ -30 кВ/м), поддерживаемая в течение всего разряда, обеспечивает оптимальное распределение электронов по энергиям (6-8 эВ), необходимое для эффективной диссоциации O_2 .

Электрофизические аспекты. Рассматривая эквивалентную схему озонатора, представляющую собой последовательную RC-цепь, следует

отметить, что зажигание разряда, сопровождающееся инъекцией пространственного заряда, существенно модулирует емкостные характеристики системы.

Оптимизация рабочих параметров. Как свидетельствуют экспериментальные данные, зависимость выхода озона от приложенного напряжения U демонстрирует три характерные области:

1. Линейный рост ($U < U_{\text{krit}}$), наблюдаемый при умеренных напряжениях
2. Насыщение ($U \approx U_{\text{krit}}$), связанное с достижением оптимальных условий
3. Деграцию ($U > U_{\text{krit}}$), вызываемую преобладанием теплового разложения

При этом важно учитывать, что критическое напряжение U_{krit} , определяемое теплоотводящей способностью конструкции, для большинства воздушных систем составляет 8-12 кВ.

1.4 Обоснование научной проблемы и цели исследований.

Научная проблема состоит в том, что в существующей технологии с использованием горячего водяного пара для снижения уровня обсемененности перед засевом новой культуры до значения $K_{\text{п}} = 0,1\%$, то есть допустимого уровня стерильности, ведет к огромным затратам электроэнергии, при этом возможно использование озонозоонодушной смеси. В цикле работы биореактора, который необходимо дезинфицировать, наполнен воздухом с влажностью более 90%, а использование электроозонирующего оборудования в таких условиях приведет к скорому выходу из строя основного элемента — разрядного блока, а затем и схемы управления питания, так как возникает дуговая форма разряда и рост тока. Поэтому, обоснование параметров электроозонирующего устройства и режимов электротехнологического процесса озонирования биореактора биотехнологического оборудования

является актуальной задачей, которая имеет существенное значение для экономики страны.

Цель работы— определение параметров и режимов работы электроозонаторов для дезинфекции биореакторов.

Задачи исследования

1. Провести сравнительный анализ технологий обеззараживания биореакторов и обосновать выбор электроозонирования как энергоэффективного метода дезинфекции.
2. Определить конструктивные параметры разрядной ячейки электроозонатора, обеспечивающие устойчивую генерацию озона при влажности обрабатываемой среды свыше 90%.
3. Разработать математические модели разрядного блока, учитывающие влияние влажности воздуха и геометрических параметров ячейки на электрическую прочность диэлектрика и распределение напряжённости поля.
4. Экспериментально определить оптимальные режимы озонной обработки (концентрация озона, время экспозиции) для достижения требуемого уровня дезинфекции биореакторов ($K \leq 0,1\%$).
5. Разработать электротехнологический процесс дезинфекции биореакторов озоном, обеспечивающий минимальное энергопотребление без нарушения биотехнологического процесса.
6. Оценить экономическую эффективность предложенной технологии в сравнении с традиционными методами обеззараживания.

2. Процессы, проходящие в разрядном промежутке пластинчатого озонатора.

2.1 Условия возникновения дуги.

Для получения озоновоздушной смеси, очевидно, наибольшее распространение получило электроозонирующее оборудование, разрядный блок, которого выполнен в виде чередующихся плоскопараллельных электродов и диэлектриков, создающих тихий барьерный разряд. Однако, необходимо сказать, что в исследованиях Богдана, Шхалахова рассматривается зависимость влияния конструктивных параметров цилиндрических и плоских конструкций барьерной ячейки на характеристики поля разрядного промежутка. Анализ этих выражений показывает, что за счет уменьшения радиуса внутреннего проводника в цилиндрической конструкции озонатора можно получить относительную напряженность поля намного выше, чем в плоской. [18] Однако, для получения озонатора большей мощности при больших относительных зазорах более подходит плоская конструкция. [18] Таким образом плоско параллельная конструкция блока озонатора позволяет получать высокие концентрации озона при небольших геометрических размерах, а также при небольших затратах на производство. Одной из важнейших характеристик такого типа разрядного блока, является их высокая производительность. Однако, надежность работы такого устройства может снижаться от параметров окружающей среды при работе вне лабораторных экспериментов и реальных производственных условиях. Такими параметрами являются перепады температур, высокая влажность, повышенное содержание в воздухе взвешенных частиц и органических соединений, таких как жиры и углеводородные элементы. Для предупреждения выхода из строя устройства, необходимо рассмотреть процессы, происходящие в разрядном промежутке, а также факторы, приводящие к выходу из строя разрядного блока в результате возникновения дуговой формы разряда.

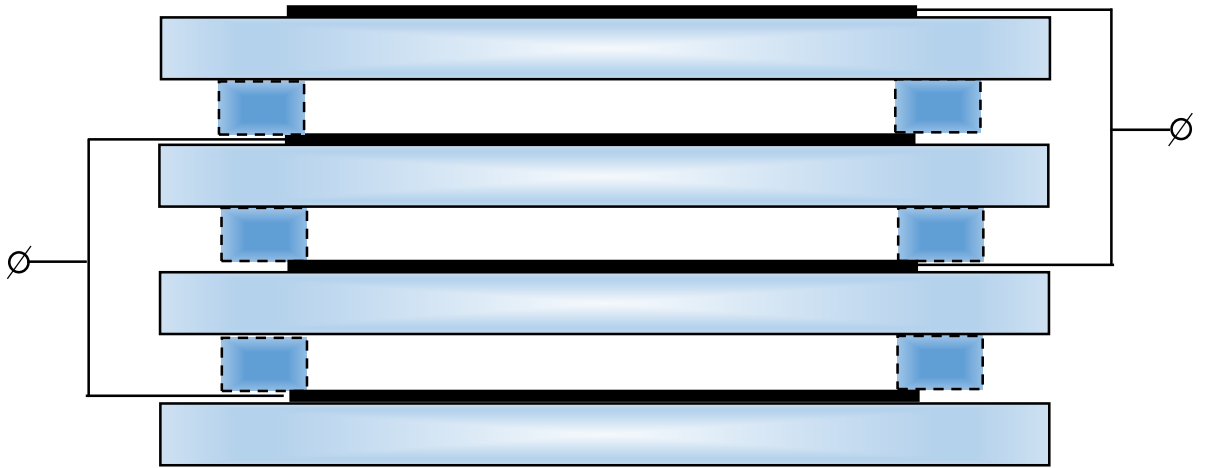


Рис 2.1 Вид сверху

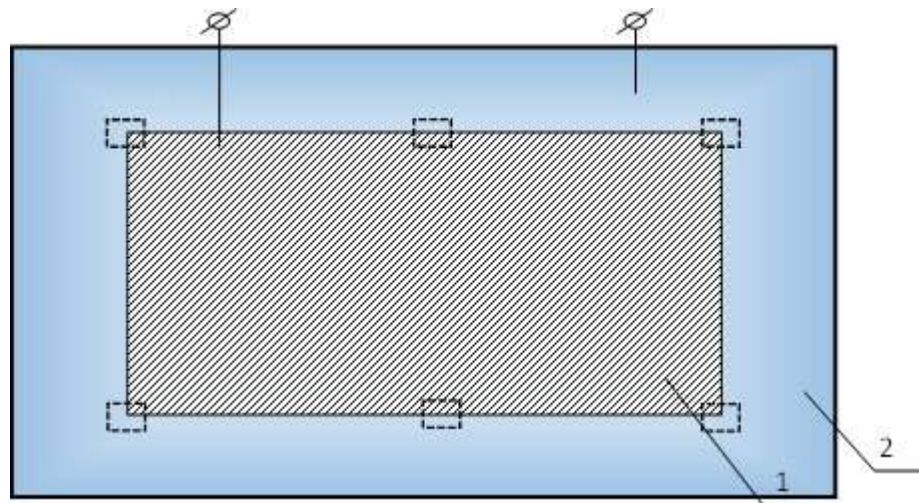


Рис 2.2 Вид сбоку.

Наиболее классической конструкцией разрядного блока пластинчатого озонатора [18] является схема диэлектрик-электрод-диэлектрик-разрядный промежуток-диэлектрик-электрод-диэлектрик, изображенная на рисунке 2.3

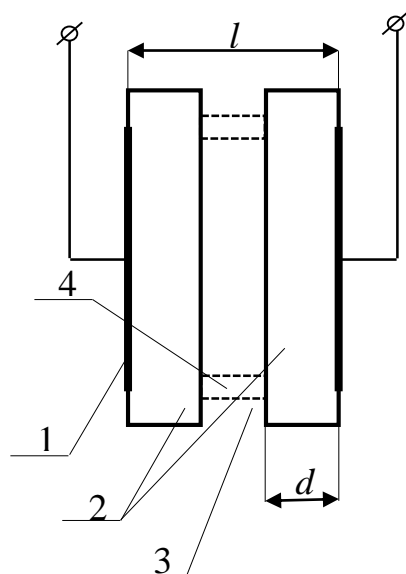


Рис 2.3 Классическая конструкция пластинчатого барьерного электроозонатора. Где 1- электрод, 2- твердый диэлектрик, 3- воздушный промежуток, 4- твердый диэлектрик для скрепления конструкции.

Одним из условий стабильной работы озонатора вероятно является достаточность сопротивления между двумя разнозаряженными электродами для недопустимости пробоя при рассматриваемом напряжении. Чтобы выяснить какие сопротивления существуют в барьерной ячейке разрядного блока рассмотрим ее подробнее на примере с одним слоем твердого диэлектрика на Рис 2.4

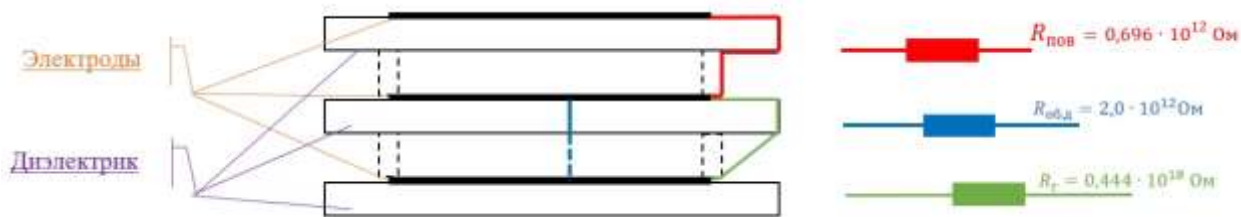


Рис 2.4 Сопротивление диэлектриков в ячейке разрядного блока. Где красной линией изображено поверхностное сопротивление $R_{пов}$; синей – объемное сопротивление диэлектрика $R_{об.д}$ и воздушного промежутка $R_г$; зеленой – сопротивление воздушного промежутка $R_г$

В первую очередь стоит рассмотреть сопротивление диэлектрика $R_{об.д}$ (рис 2.4), как наиболее важного элемента конструкции.

Как отмечают различные исследователи, электропроводность большинства твердых диэлектриков, включая стекла, преимущественно имеет ионную природу. Рассматривая данный случай, когда в конструкции используется стеклянный диэлектрик, следует отметить, что подавляющее большинство стекол действительно характеризуется ионным механизмом проводимости. Однако, анализируя специальные виды стекол, такие как халькогенидные и ванадиевые (относящиеся к полупроводниковым), необходимо обратить внимание на то, что они демонстрируют электронный или смешанный тип проводимости.

Согласно информации из литературных источников, наиболее эффективными компонентами, значительно снижающими электропроводность стекол, являются SiO_2 и B_2O_3 . Известным фактом является то, что кварцевое стекло обладает наименьшей электропроводностью, тогда как высокощелочные стекла показывают максимальные значения этого параметра. При этом важно подчеркнуть, что существует четкая корреляция между химической устойчивостью стекла и его электропроводностью: как правило, более устойчивые стекла характеризуются меньшей проводимостью.

Проанализировав температурные зависимости, можно утверждать, что электропроводность стекол резко возрастает при повышении температуры, что объясняется увеличением подвижности ионов. Как показывают экспериментальные данные, удельное электрическое сопротивление промышленных стекол при комнатных температурах составляет 10^{13} Ом·см до 10^{12} Ом·мм. Однако, рассматривая график зависимости (рис. 2.5), следует отметить, что удельное сопротивление существенно уменьшается при нагревании.

Исследуя механизм проводимости, необходимо обратить внимание на то, что при температурах ниже $430^\circ C$ основными носителями тока выступают

ионы натрия, тогда как ионы калия, имеющие вдвое больший радиус, участвуют в процессе в значительно меньшей степени. Согласно полученным данным, при дальнейшем повышении температуры (свыше 430°C) в переносе заряда начинают принимать участие ионы бария, кальция и других элементов, что приводит к заметному увеличению подвижности носителей и, как следствие, к дополнительному снижению электросопротивления. Как свидетельствуют измерения, при $T=1200-1400^{\circ}\text{C}$ значение ρ может уменьшаться до 1-10 Ом·см.

Анализируя составные особенности, следует подчеркнуть, что более высокое удельное сопротивление характерно для стекол с пониженным содержанием щелочных ионов, особенно ионов натрия. Для количественной оценки температурной зависимости ρ используется параметр ТК-100 - температура, при которой удельное объемное сопротивление ρ_v достигает значения 100 МОм·см. Как отмечают различные авторы, эта температура существенно возрастает при увеличении содержания в стеклах таких компонентов, как SiO_2 , PbO и B_2O_3 , достигая максимальных значений у вольфрамовых стекол.

Напряжение пробоя стекла при температурах до 100°C будет равно 205кВ/см или 20,5кВ/мм (рис 2.5, 2-ой график) [7,15,17]

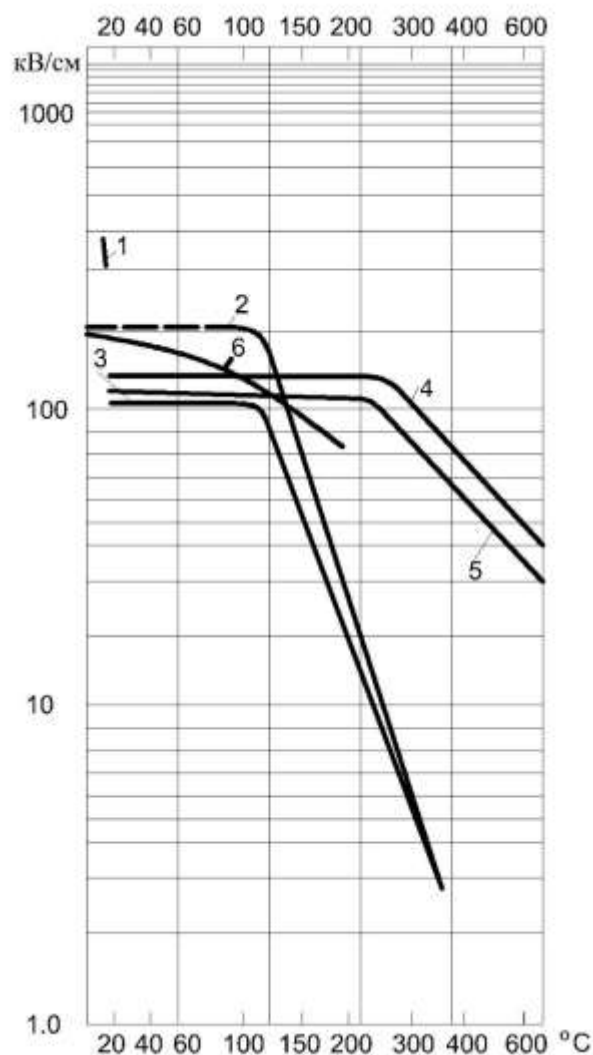


Рис. 2.5. Зависимость напряжения пробоя некоторых изоляционных материалов от температуры. 1 – двуокись кремния (кварц); 2 – пирекс (боросиликатное стекло (корнинг 7740)); 3 – высоковольтный фарфор; 4 – окись алюминия; 5 – циркониевый фарфор; 6 – кремнийорганическая резина

Заметный вклад в электропроводность стекол вносит поверхностная проводимость, сильно зависящая от адсорбированной водяной пленки.

Понятие поверхностного сопротивления вводят применительно к твердой изоляции, т.к. в результате внешних воздействий загрязнений, например, влаги, электропроводность наружных слоев диэлектриков может быть значительно большей по сравнению с проводимостью внутренних областей. В таких случаях низкое значение электрического сопротивления диэлектрика определяется большим поверхностным током утечки.

Установлено, что величины объемного удельного сопротивления большинства стекол при измерении на воздухе оказываются ниже, чем при измерении в вакууме. Это понижение происходит благодаря относительно высокой проводимости поверхности стекла. Проводимость увеличивается вследствие сорбции влаги на поверхности и наличия на ней продуктов выветривания и других загрязнений. Проводимость поверхности стекол зависит как от типа стекла, так и от относительной влажности окружающей среды. На рис. 2.6 показана зависимость удельного сопротивления поверхности различных стекол и керамики от относительной влажности. [7,15,17]

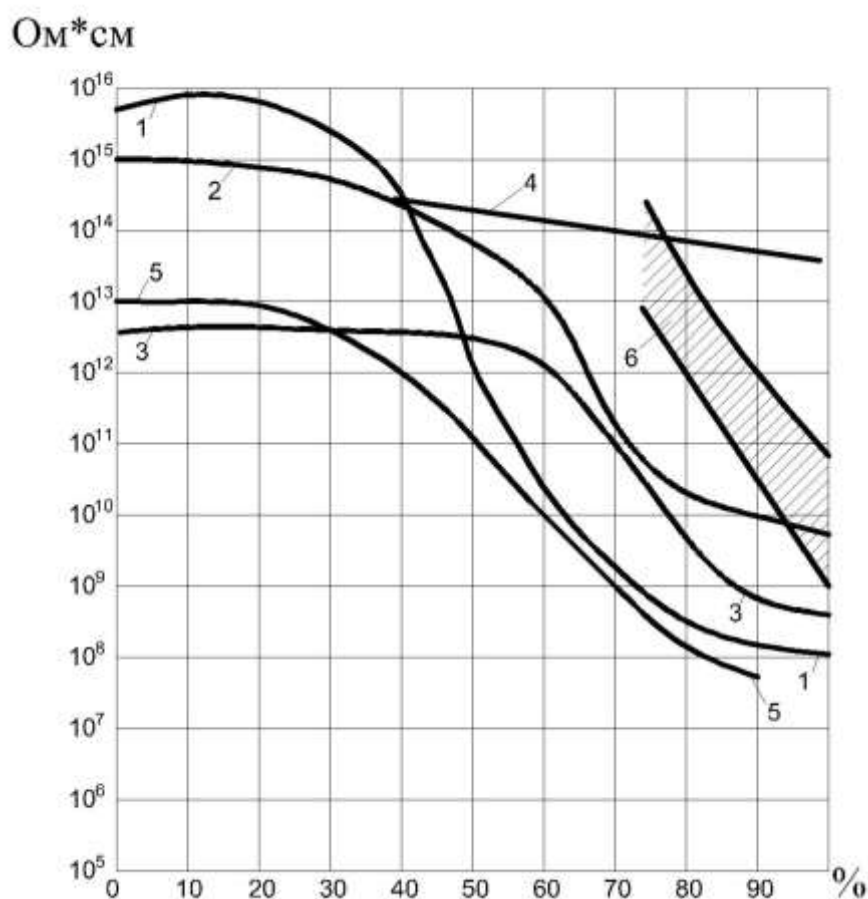


Рис. 2.6. Поверхностное удельное сопротивление стекол и керамики.

1 – двуокись кремния (кварц); 2 – пирекс (боросиликатное стекло (корнинг 7740)); 3 – известковое стекло корнинг 0080; 4 –

пирекс(поверхность стекла подвергнута обработке с использованием кремнийорганического масла); 5 – фарфор; 6 – стеатитовая керамика.

При использовании стекла в качестве изолятора очень важно, чтобы оно сохраняло свои электроизоляционные свойства независимо от состояния окружающей среды. Удельное сопротивление поверхности можно повысить путем прокаливания электроизоляционного материала при высокой температуре или путем нанесения на его поверхность негигроскопических пленок. Что с практической точки зрения не представляется возможным.

Удельное поверхностное сопротивление диэлектриков является параметром диэлектрика и зависит от природы материала, температуры, влажности и приложенного напряжения.

Поверхностное сопротивление – сопротивление диэлектрика при прохождении тока по его поверхности. Это сопротивление составляет:

$$R_{\text{пов}} = \rho_{\text{стек}} \frac{l}{S} \quad (2.1)$$

где $\rho_{\text{стек}}$ – удельное поверхностное сопротивление стекла,

l – длина поверхности диэлектрика в направлении прохождения тока (отмечена зеленой линией на рис 2.5а).

S – ширина поверхности диэлектрика в направлении, перпендикулярном прохождению тока (отмечена синей линией на рис 2.4).

Измерения поверхностного сопротивления стекла проводились для образца с геометрическими размерами 300x200 мм, толщиной твердого диэлектрика 2 мм, воздушного промежутка 3 мм, размерами электрода 270x170 мм, температура 20°C и влажностью 90%) и составило:

$$R_{\text{пов}} = 0,696 \cdot 10^6 \text{ Ом} \quad (2.2)$$

Сопротивление воздушного промежутка рассчитано теоретически:

$$R_{\Gamma} = \rho_{\text{возд}} \frac{l}{S} \quad (2.3)$$

где $\rho_{\text{возд}}$ – удельное сопротивление воздуха,

l – длина поверхности диэлектрика в направлении прохождения тока (отмечена красной линией на рис 2.4). Линия прохождения тока принята на бесконечно малом расстоянии вдоль поверхности стекла, а также по кратчайшему пути.

S – ширина поверхности диэлектрика в направлении, перпендикулярном прохождению тока (отмечена красной линией на рис 2.6б).

Согласно [7], влияние влажности воздуха на разрядное напряжение в однородных и слабонеоднородных полях незначительно, поэтому его не учитывают. Тогда, примем табличное значение удельного сопротивления воздуха $10^{18} \text{ Ом}\cdot\text{см}$

$$R_{\Gamma} = 10^{18} \frac{62,15}{140} = 0,444 \times 10^{18} \text{ Ом} \quad (2.4)$$

Согласно анализу, проведенному нами в предыдущей части, мы выяснили, что у нас существует три основных сопротивления, которые должны удовлетворять этому условию: $R_{\text{поверх}}$, $R_{\text{возд}}$ и $R_{\text{диэл}}$.

Конструкция пластинчатого разрядного устройства, производимого в ООО МИП «Электротехнология» в настоящее время имеет следующие параметры сопротивлений:

$$\begin{cases} R_{\text{об.д}} = 2,0 \cdot 10^{12} \text{ Ом} \\ R_{\text{пов}} = 0,696 \cdot 10^6 \text{ Ом} \\ R_{\Gamma} = 0,444 \cdot 10^{18} \text{ Ом} \end{cases} \quad (2.5)$$

Для рассмотрения влияния электрических процессов и изменения электрических свойств материалов и среды при различных условиях работы на параметры разрядного устройства, необходимо рассмотреть электрическую схему замещения ячейки барьерного разряда (Рисунок 2.7).

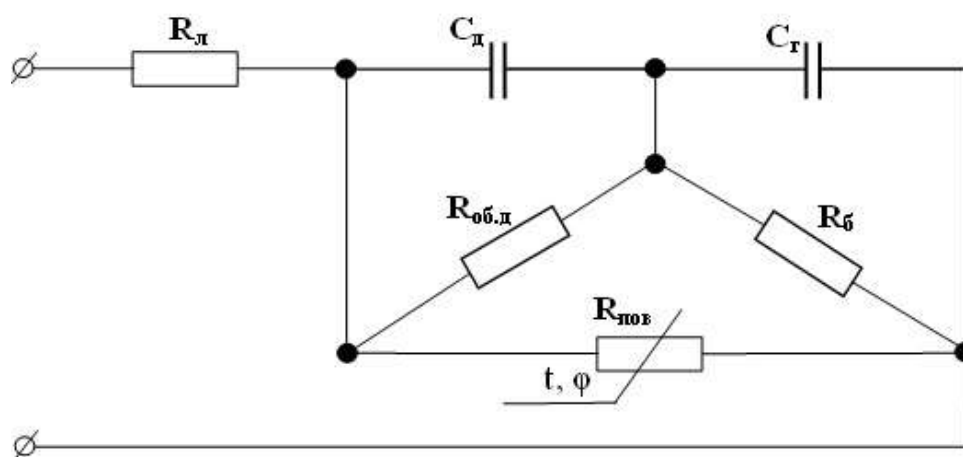


Рисунок 2.7 Схема замещения барьерной ячейки разрядного блока электроозонирующего устройства

где: $R_л$ — сопротивление линии, $C_д$ — емкость диэлектрика, $C_г$ — емкость газоразрядного промежутка, $R_{об.д}$ — объемное сопротивление диэлектрика, $R_б$ — барьерное сопротивление, $R_{пов}$ — поверхностное сопротивление ячейки барьерного разряда, t — температура, φ — влажность.

Определено, что наименьшим значением обладает поверхностное сопротивление твёрдого диэлектрика, которое уменьшается с повышением влажности. Экспериментально определена зависимость поверхностного сопротивления от относительной влажности воздуха (Рисунок 2.8)

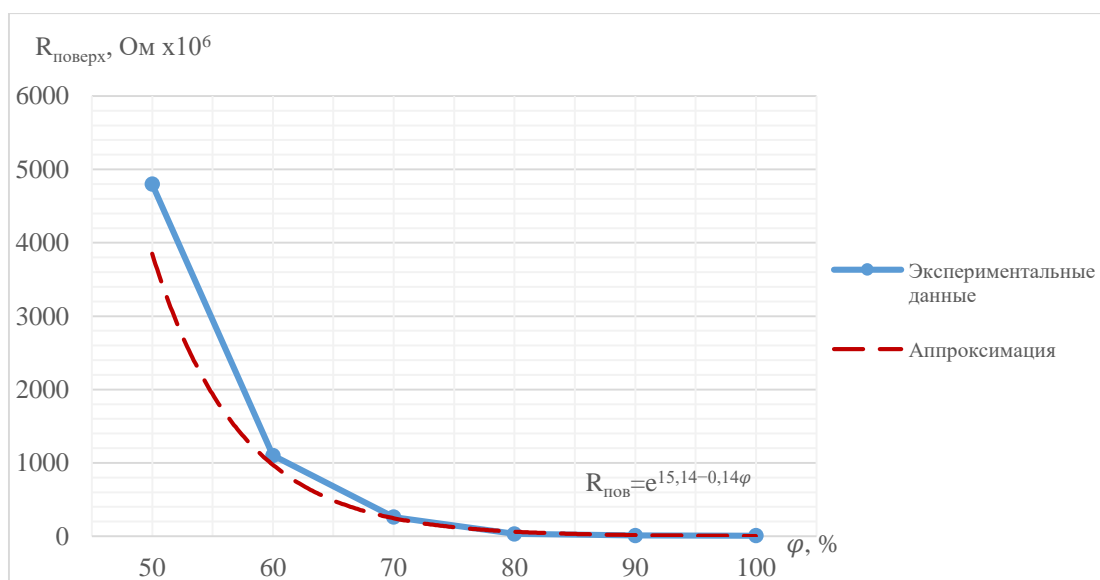


Рисунок 2.8 График зависимости удельного поверхностного сопротивления стекла от влажности воздуха и его аппроксимация.

В результате можно сделать вывод о том, что участком с наименьшим сопротивлением является сопротивление по поверхности диэлектрика, что по всей видимости является основной причиной аварийных режимов работы разрядного устройства. Что подтверждается многолетними производственными испытаниями электроозонаторов различной мощности в условиях повышенной влажности и запыленности на очистных сооружениях городов Геленджика, Анапы, Краснодара, зернохранилищах Славянского района, теплицах Славянска-на-Кубани и КНИИСХа, а также на биокомбинате станции Челбасская и ООО «Биота» в г. Абинск.

Согласно проведенным нами исследованиям, при условии соблюдения рациональной напряженности поля в разрядном промежутке, рекомендуемых в литературе [7, 8] и величине разрядного промежутка, все рассматриваемые сопротивления должны быть не менее $R_{min} = 0,696 \times 10^{12}$ Ом. Однако, нет необходимости завышать сопротивления R_c выше указанного, так как это нецелесообразно.

Таким образом минимально допустимое расстояние по поверхности должно составлять: $l \geq 65$ мм

Согласно проведенным исследованиям мы выяснили, что сопротивления одного диэлектрического барьера достаточно для создания тихого разряда. В связи с чем мы решили рассмотреть различные конструкции пластинчатых электроозонаторов.

В то же время можно сделать вывод о том, что на эффективность R будет значительно влиять конструкция разрядного блока и конструктивные размеры барьеров, что скажется на неоднородности поля, для изучения которых необходимо проанализировать влияние напряженности и формы электрического поля в барьерной ячейке.

2.2 Напряженность поля в барьерной ячейке разрядного блока.

Рассмотрим при этом классическую конструкцию пластинчатого барьерного электроозонатора (рис 2.3)

В общем виде, максимально возможная напряженность промежутка между электродами будет определяться как сумма напряженности, непосредственно разрядного промежутка и диэлектрических потерь.

$$E_{max} = E_{рп} + \Delta\delta \quad (2.6)$$

где: E_{max} – максимально возможная напряженность промежутка между электродами

$E_{рп}$ – напряженность разрядного промежутка

$\Delta\delta = \delta_1 + \delta_2$ – диэлектрические потери (стекло, воздух)

Рассматривая данную конструкцию следует обратить внимание на распределение значения напряженности промежутка между электродами.

Тогда:

$$E_{max} = E_{рп} - (\delta_1 + \delta_2) \quad (2.7)$$

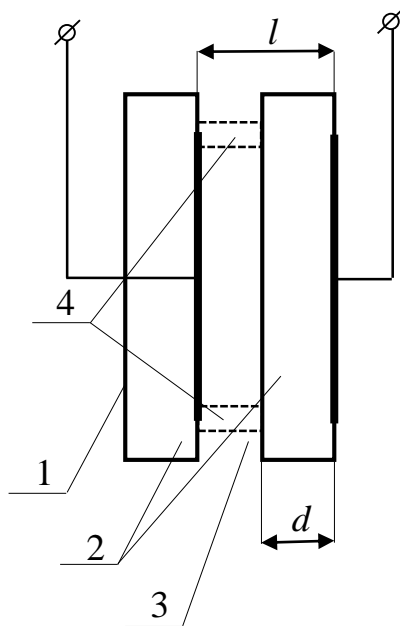


Рис. 2.9 Конструкция пластинчатого барьерного электроозонатора с одним слоем твердого диэлектрика.

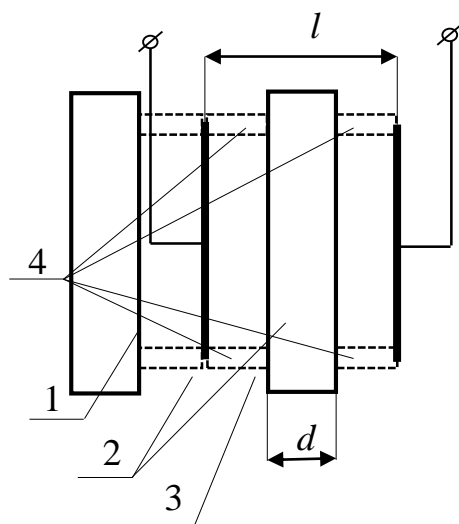


Рис. 2.10 Конструкция пластинчатого барьерного электроозонатора с одним слоем твердого диэлектрика и увеличенным воздушным промежутком.

При всем вышесказанном, необходимо отметить, что крайне необходимо соблюдать условие максимальной напряженности поля в разрядном промежутке, которое будет определяться как:

$$E_{max} \leq E_{доп} \quad (2.8)$$

Где $E_{доп}$ — допустимая напряженность поля

Необходимость соблюдения данного условия обуславливается граничными условиями возникновения дуговой формы разряда в промежутке.

Последнее означает, что при заданном значении необходимая толщина изоляции будет определяться исключительно из E_{max} . Следует заметить, что уменьшение толщины изоляции может повлиять на некоторые другие характеристики аппаратуры, поскольку при этом могут улучшиться условия ее охлаждения [7, 8]. Поэтому основной задачей является определение максимального значения напряженности поля в промежутке разрядного блока.

В результате проведенного анализа мы определили, что одним из основных факторов, влияющих на возникновение дуговой формы разряда, является величина поверхностного сопротивления. Анализ конструкции

показал, что наиболее эффективным блоком будет являться пластинчатый барьерный разрядник с одним слоем твердого диэлектрика и измененным воздушным промежутком. Однако, целесообразно рассмотреть в совокупности требований более подробно полевую задачу в ячейке разрядного блока, чтобы точно определить значение эквивалентной напряженности электрического поля, а также влияния на него конструктивных параметров разрядного блока.

2.3 Определение максимально эффективной напряженности электрического поля.

Как известно из литературных источников [9, 10], кинетическое уравнение образования озона имеет вид:

$$C = \frac{k_0}{k_1} \left(1 - e^{-k_1 \frac{P}{V}} \right) \quad (2.9)$$

где C - объемная концентрация озона;

k_0 - константа разложения озона;

k_1 - константа образования озона

P - мощность разряда;

V - объемный расход газа в единицу времени.

Протекание химических процессов в озонаторах определяется в основном их активной мощностью. Как известно, величину активной мощности в цепи переменного тока можно вычислить по уравнению [11, 12]:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T i \frac{E}{l} dt = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} i \frac{E}{l} d(\omega t) \quad (2.10)$$

где i - мгновенное значение тока;

E - мгновенное значение напряженности промежутка;

l - расстояние между электродами;

ω - круговая частота;

T-период переменного тока.

Интегрируя и подставляя пределы интегрирования, имеем:

$$P = \frac{1}{2\pi} \int_0^T \frac{EIEI}{R} dt = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \frac{E^2 l^2}{R} d(\omega t) = \frac{E_m^2 l^2}{2R} \quad (2.11)$$

где E_m - амплитудное значение напряженности промежутка

то есть, $P = f(E)$

Известно, что исследования таких ученых как Бородин, Нормов, Оськин, Овсянников, рассматривая процессы, проходящие в разрядном блоке озонатора, показали зависимость мощности от напряжений и емкостей.

$$P = \frac{2 \cdot U_z \cdot \omega}{\pi \cdot U_u} (U \cdot C_{\delta} - U_u (C_{\delta} + C_n)) \quad (2.12)$$

где C_{δ} - емкость диэлектрических барьеров озонатора;

C_n - емкость разрядного промежутка озонатора;

U_z -напряжение зажигания разряда;

U -амплитудное значение напряжения на озонаторе.

Тогда, приравнивая эти значения:

$$\frac{E_m^2 l^2}{2R} = \frac{2}{\pi} \omega C_{\delta} U_z \left(\frac{U}{U_u} - \left(1 + \frac{C_n}{C_{\delta}} \right) \right) \quad (2.13)$$

$$E_m = \sqrt{\frac{4R}{\pi \cdot l^2} \omega C_{\delta} U_z \left(\frac{U}{U_u} - \left(1 + \frac{C_n}{C_{\delta}} \right) \right)} \quad (2.14)$$

Эквивалентно:

$$E_m = E_{\max} = \sqrt{\frac{4R \omega U_z}{\pi \cdot l^2} \left(\frac{C_{\delta} U}{U_u} - (C_{\delta} + C_n) \right)} \quad (2.15)$$

Отсюда видно, что при увеличении емкости диэлектрического барьера либо разрядного промежутка озонатора, увеличится амплитудное значение напряженности промежутка, что в свою очередь увеличит мощность разрядного блока.

Таким образом получим математическую модель процесса, определяющую влияние параметров разрядного блока на максимально допустимое значение напряженности электрического поля в промежутке:

$$\begin{cases} E_{max} \leq E_{доп} \\ E_{max} = \sqrt{\frac{4R\omega U_z}{\pi \cdot l^2} \left(\frac{C_\delta U}{U_u} - (C_\delta + C_n) \right)} \\ R = R_{л} + \frac{(R_{об.д.} + R_\delta) \cdot R_{пов}}{R_{об.д.} + R_\delta + R_{пов}} \\ R_{пов} = e^{15,14 - 0,14\varphi} \end{cases} \quad (2.16)$$

Где E_{max} – максимально возможная напряженность промежутка между электродами; $E_{доп}$ – допустимая напряженность поля; l – расстояние между электродами; ω – круговая частота; C_δ – емкость диэлектрических барьеров озонатора; C_n – емкость разрядного промежутка озонатора; U_z – напряжение зажигания разряда; U – амплитудное значение напряжения на озонаторе; R – сопротивление разрядного промежутка;

Проводя детальный анализ приведенной формулы, можно сделать вывод, что рост емкости либо диэлектрических барьеров, либо разрядного промежутка озонатора приводит к увеличению амплитудного значения напряженности в промежутке. Очевидно, данное явление, в свою очередь, вызовет рост активной мощности озонатора. Однако необходимо обратить внимание на то, что достижение этого эффекта возможно различными путями, каждый из которых имеет свои технологические ограничения и побочные последствия.

Основные способы увеличения емкости и их последствия

1. Увеличение величины разрядного промежутка

Как отмечают различные авторы, расширение разрядного промежутка действительно приводит к росту его емкости. Однако следует отметить, что параллельно с этим существенно возрастает и напряжение зажигания разряда. Проанализировав экспериментальные данные, можно констатировать, что данный фактор оказывает обратное влияние на активную мощность озонатора, вызывая ее снижение. Таким образом, данный метод повышения мощности нельзя считать оптимальным.

2. Уменьшение толщины диэлектрических барьеров

Известным фактом является то, что сокращение толщины барьеров способствует увеличению их емкости. Тем не менее, как показывают осциллографические наблюдения [13, 14], это приводит к дестабилизации структуры разряда, которая становится существенно более неоднородной. Необходимо подчеркнуть, что подобная неоднородность может негативно сказаться на эффективности и стабильности работы озонатора в долгосрочной перспективе.

3. Увеличение диэлектрической проницаемости барьеров

Теоретически, применение материалов с повышенной диэлектрической проницаемостью представляется наиболее перспективным направлением. Однако, проанализировав различные источники информации, следует признать, что реализация данного подхода сопряжена со значительным ростом материальных затрат. Как отмечают исследователи, высокоэффективные диэлектрики с повышенной проницаемостью, как правило, отличаются высокой стоимостью, что существенно ограничивает их применение в промышленных масштабах. Каждый из рассмотренных способов модификации параметров озонатора обладает как определенными преимуществами, так и существенными недостатками. Следует отметить, что выбор оптимального решения требует комплексного анализа не только электрических характеристик, но и экономических факторов, а также долговременной стабильности работы устройства.

Таким образом рассматривая влияние параметров разрядного блока, необходимо отметить, увеличение параметра E приведет увеличению изоляционных требований, и максимальная напряженность поля в разрядном промежутке может быть неоднородна и приводить к возникновению локальных перенапряжений, то есть необходимо ограничить рост напряженности, чтобы получить соответствующую требованиям S_6 и более подробно проанализировать влияние E в разрядной ячейке.

2.4 Барьерный разряд в ячейке.

Совершенствование современных генераторов озона, в первую очередь связано с решением двух ключевых задач: повышением эффективности синтеза озона и увеличением ресурса работы устройства. Однако, следует отметить что, достижение этих целей невозможно без тщательного изучения пространственно-временной структуры барьерного разряда, играющего определяющую роль в процессе озонаобразования. Очевидно, что пространственно-временная структура барьерного разряда представляет собой сложное физическое явление, отражающее механизм развития электрического пробоя в разрядном промежутке. Проанализировав различные источники информации, можно прийти к выводу, что без глубокого понимания данного механизма целенаправленное управление процессом синтеза озона становится крайне затруднительным. Известным фактом является то, что именно от особенностей разряда зависят основные параметры генерации озона, включая его выход и энергоэффективность.

Особого внимания заслуживает влияние формы и размеров каналов микрозарядов на процесс озонирования. Согласно исследованиям, эти параметры оказывают прямое воздействие на плотность вклада энергии в газовую среду, что, в конечном счете, определяет производительность всего генератора. Необходимо обратить внимание на то, что оптимизация данных характеристик позволяет не только увеличить выход озона, но и снизить

энергопотребление установки, что особенно важно при промышленном применении. Развитие озоновых технологий требует комплексного подхода, включающего как экспериментальное изучение разрядных процессов, так и разработку новых конструктивных решений, направленных на повышение эффективности генераторов.

Барьерный разряд может преобразоваться в коронный разряд и далее в искровой поверхностный разряд.

Рассмотрим плоский разрядный промежуток и будем считать процесс одномерным, т.е. не зависящим от поперечных координат. Пусть электрод изолирован от плазмы диэлектриком (стекло = 3 мм) с диэлектрической проницаемостью ϵ .

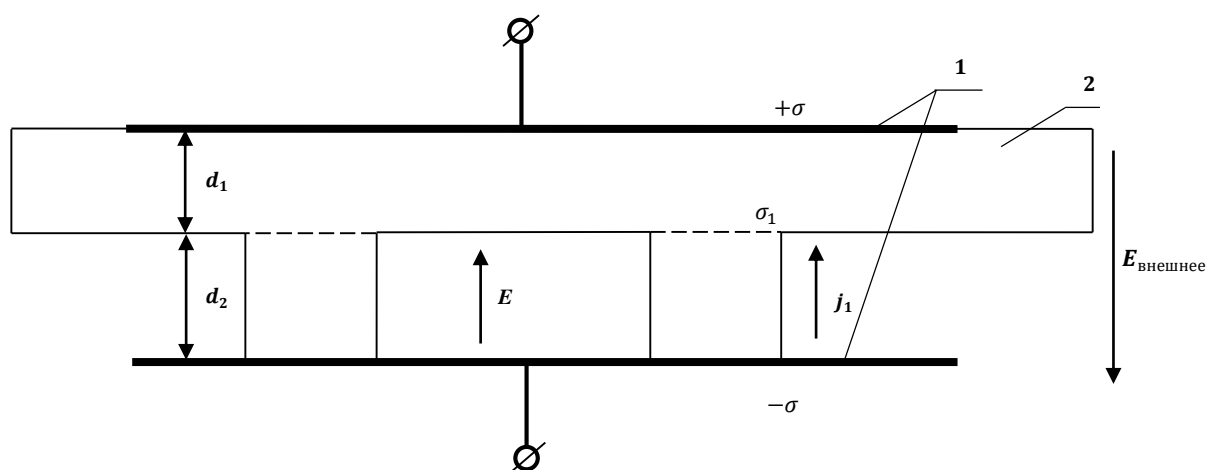


Рис. 2.11 Ячейка разрядного блока электроозонатора. Где: 1- электрод, 2- твердый диэлектрик, d_1 — толщина твердого диэлектрика (стекло), d_2 — толщина воздушного промежутка, E — напряженность поля, j_1 — плотность тока, σ — поверхностная плотность заряда.

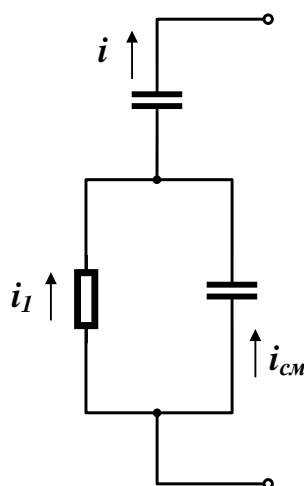


Рис 2.12 Схема замещения ячейки разрядного блока электроозонатора.

Из уравнений непрерывности для плотности объемного заряда ρ и закона Ома для тока проводимости j_1

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial j_1}{\partial x} = 0 ; \frac{\partial E}{\partial x} = 4\pi\rho ; j_1 = \sigma E \quad (2.17)$$

Сумма токов проводимости и смещения:

$$j = \frac{1}{4\pi} \cdot \frac{\partial E}{\partial t} = j_1 + j_{см} \quad (2.18)$$

Допущение об однородности плазмы в промежутке. Заряды рассматриваем как поверхностные.

Обозначим плотности поверхности зарядов в промежутке (плазмы) и на электродах. На электродах собираются из внешней цепи под действием приложенной ЭДС.

Параметры, влияющие на характеристики электрического поля:

1. Поверхностный разряд
2. Условия возникновения
3. Влажность
4. Температура
5. Частота

6. Длина по поверхности диэлектрика от одного электрода до другого

7. Неоднородность электрического поля

При барьерном разряде образуется озон и окислы азота, которые взаимодействуют с твердым диэлектриком (стекло). Большая нормальная составляющая электрического поля способствует сближению стримера с поверхностью диэлектрика.

Через стримеры протекает сравнительно большой ток, при определенном значении напряжения ток возрастает настолько, что температура газа в стримерах становится достаточной для термической ионизации.

Проводимость канала скользящего разряда значительно больше проводимости плазмы стримера.

Отсюда следует, что как было выявлено ранее наиболее высокая проводимость возникает при наличии скользящего разряда и видимо необходимо рассмотреть именно поверхностный разряд.

2.5 Поверхностный разряд в ячейке

Поверхностный заряд – искровой разряд, скользящий вдоль поверхности диэлектрика. Разветвленные разрядные каналы в газе прижимаются к диэлектрику. На пластине может остаться ветвистый след, вызванный деформацией материала под действием температуры - фигура Лихтенберга.

Поверхностный разряд по мере увеличения приложенного напряжения проходит несколько стадий:

- 1) При относительно низком напряжении на электродах возникает коронный разряд в виде полоски ровного неяркого свечения.
- 2) Дальнейшее увеличение приводит к расширению области коронирования и образованию на твердом диэлектрике многочисленных слабо светящихся каналов – стримеров.

3) Длина скользящих разрядов увеличивается, и процесс завершается перекрытием промежутка.

Величина разрядного напряжения снижается и зависит от давления газа и формы электрического поля, свойств твердого диэлектрика. В стекле электрическая прочность промежутка с диэлектриком меньше чем число воздушного промежутка. Это связано с адсорбцией влаги из окружающего воздуха по поверхности диэлектрика. Напряжение перекрытия вдоль поверхности стекла меньше чем, например, фарфор.

Развитие разряда по поверхности твердого диэлектрика облегчается под влиянием ряда обстоятельств. Конденсации влаги на поверхности (особенно в случае гигроскопических диэлектриков), вследствие шероховатости диэлектрика между его торцом и поверхностью электрода. Два диэлектрика $\epsilon_2 \ll \epsilon_1$, напряженностью в воздушной прослойки может превысить начальную, и тогда воздушное пространство ионизируется.

Факторы, влияющие на процессы в разрядном промежутке:

1. Поле в промежутке
2. Поверхностное сопротивление
3. Напряжение разряда

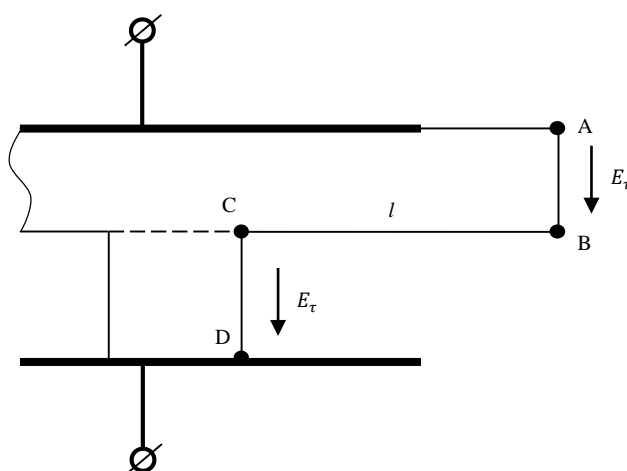


Рис 2.13 Фрагмент ячейки разрядного блока, с изображенными тангенциальными составляющими вектора напряженности электрического поля.

На участках АВ и СД тангенциальная составляющая вектора напряженности электрического поля преобладает.

На участке ВС, преобладает нормальная составляющая.

Напряжение возникновения дуговой формы разряда:

$$U_p = a \cdot L^{0,2} \cdot \left(\frac{d}{\varepsilon \varepsilon_0} \right)^{0,4} \quad (2.19)$$

Следует особо подчеркнуть, что разряд, развивающийся по поверхности диэлектрика, помещенного в газовую среду, представляет собой уникальную разновидность пробоя газового промежутка, протекающего в условиях, кардинально отличающихся от классического объемного разряда. Как свидетельствуют многочисленные исследования, присутствие диэлектрической поверхности оказывает существенное воздействие на все ключевые стадии пробоя, видоизменяя не только механизмы его зарождения, но и последующего распространения.

Проанализировав различные источники информации, можно прийти к выводу, что при изучении поверхностного разряда, помимо традиционных параметров, таких как:

- степень неоднородности электрического поля,
- форма приложенного напряжения,
- температурные условия,
- давление и влажность окружающей среды,

необходимо принимать во внимание ряд дополнительных факторов, непосредственно связанных с наличием диэлектрической границы. Согласно данным, представленным в научной литературе, к числу таких специфических параметров относятся:

- особенности распределения электрического поля, определяемые преобладанием нормальной либо тангенциальной составляющей напряженности относительно поверхности диэлектрика;

- физико-химические характеристики подложки, включая её материал, диэлектрическую проницаемость, а также толщину;

- состояние поверхности, в частности её проводимость и способность к адсорбции посторонних примесей.

Известным фактом является то, что взаимное влияние перечисленных факторов может как усиливать, так и ослаблять их воздействие на различных этапах развития разряда. В частности, необходимо обратить внимание на то, что загрязнение поверхности изоляционных материалов, особенно в условиях повышенной влажности, приводит к резкому снижению напряжения перекрытия, что, в свою очередь, существенно ухудшает эксплуатационные характеристики внешней изоляции [15].

Роль нормальной составляющей электрического поля. Согласно общепринятой точке зрения, нормальная составляющая электрического поля играет определяющую роль в динамике поверхностного разряда, «прижимая» подвижные заряженные частицы к поверхности диэлектрика и тем самым существенно изменяя условия их транспортировки. Как отмечают различные авторы, выделяющаяся при этом тепловая энергия, обусловленная Джоулевыми потерями, провоцирует дополнительную термическую ионизацию, что значительно облегчает развитие разряда. Более того, как подчеркивается в работе [16], нормальная составляющая не только способствует инициированию разряда, но и обеспечивает его стабильное распространение вдоль диэлектрической поверхности.

Среди ключевых факторов, приводящих к снижению пробивного напряжения, особого внимания заслуживает эффект концентрации зарядов на поверхности диэлектрика. Как показывают исследования, наличие диэлектрической подложки приводит к трансформации объемного заряда, локализованного вблизи электрода с малым радиусом кривизны, в поверхностный заряд, что, согласно данным [16], является одним из основных механизмов, обуславливающих снижение пробивной прочности.

Дополнительным аспектом, заслуживающим внимания, является влияние соотношения диэлектрических проницаемостей твердого и газообразного диэлектриков. Как отмечают исследователи, в случае значительной разницы между ними происходит перераспределение электрического поля, причем напряженность поля в газе возрастает обратно пропорционально отношению. Данный эффект, приводящий к «вытеснению» поля в газообразную фазу, объясняет снижение напряжения зажигания разряда.

Следует особо подчеркнуть, что при анализе характеристик скользящего разряда наблюдается существенное отклонение от классического закона Пашена, что представляет значительный научный интерес. Как свидетельствуют современные исследования [16, 17], пробивные параметры поверхностного разряда демонстрируют принципиально иную зависимость от давления и расстояния между электродами по сравнению с объемным разрядом, что указывает на необходимость пересмотра традиционных подходов к описанию данного явления.

Проанализировав экспериментальные данные, можно выделить два ключевых фактора, обуславливающих указанное отклонение:

1. Ярко выраженную неоднородность электрического поля, характеризующуюся доминированием нормальной составляющей, величина которой, в отличие от объемного разряда, остается практически независимой от длины разрядного промежутка;

2. Наличие распределенной емкости диэлектрической подложки, которая в процессе развития разряда аккумулирует электрический заряд, существенно модифицируя общую картину пробоя.

Как отмечают ведущие специалисты в данной области, наблюдаемое нарушение закона Пашена является убедительным доказательством существования физических процессов, которые не находят объяснения в рамках классической теории подобия газовых разрядов. В частности, необходимо обратить внимание на эффект локального нагрева, подробно

описанный в работе [16]. Данный феномен обусловлен тепловыделением при протекании как поверхностных, так и объемных токов в диэлектрике, что приводит к существенной модификации параметров прилегающего газового слоя.

Согласно последним исследованиям, особенно ярко указанный эффект проявляется в условиях воздействия высокочастотных полей, где локальный нагрев вызывает значительные изменения плотности и температуры газа. Известным фактом является то, что подобные нелинейные процессы создают серьезные трудности при построении адекватных физических моделей, описывающих динамику поверхностного разряда. По мнению многих авторов, для корректного описания наблюдаемых явлений требуется разработка новых теоретических подходов, учитывающих комплексное взаимодействие электронных, ионных и тепловых процессов на границе раздела сред.

Таким образом, проведенный анализ позволяет заключить, что поверхностный разряд представляет собой сложный физический процесс, требующий учета множества взаимосвязанных факторов, включая свойства диэлектрика, конфигурацию поля и условия окружающей среды. Что делает необходимым рассмотрение процессов в разрядной ячейке с помощью математического моделирования, учитывая все данные параметры.

2.6 Процессы, протекающие при образовании озона в разрядном промежутке.

Искровой разряд включает в себя, процесс стримерного либо лидерного пробоя.

Согласно современным научным представлениям [16], присутствие диэлектрической поверхности принципиально изменяет характер распределения пространственного заряда в приэлектродной области. Как показывают экспериментальные данные, в подобных условиях происходит частичная трансформация объемного заряда, формирующегося у электрода, в

поверхностный заряд на границе раздела сред. Этот процесс, по мнению ведущих специалистов, имеет фундаментальное значение для понимания механизмов развития скользящего разряда.

Особого внимания заслуживает ситуация, когда наблюдается существенная разница между диэлектрическими проницаемостями твердого (ϵ_1) и газообразного (ϵ_2) диэлектриков. Согласно фундаментальным принципам электростатики, в данном случае происходит характерное перераспределение электрического поля, интенсивность которого изменяется обратно пропорционально соотношению ϵ_1/ϵ_2 . В частности:

- Для системы "стекло-воздух" (где $\epsilon_1 \gg \epsilon_2$)
- Наблюдается выраженный эффект вытеснения силовых линий поля в газовую фазу

Как свидетельствуют результаты численного моделирования, описанный эффект приводит к значительной концентрации электрического поля в газообразной среде, что создает предпосылки для:

1. Локализации разрядных процессов у поверхности диэлектрика
2. Снижения пробивного напряжения
3. Формирования благоприятных условий для развития поверхностного пробоя

Необходимо особо подчеркнуть, что подобное перераспределение полярных характеристик непосредственно влияет на условия замыкания разрядного промежутка. Согласно экспериментальным данным, в системах с контрастными диэлектрическими проницаемостями наблюдается устойчивая тенденция к пробоям при существенно более низких напряжениях по сравнению с прогнозируемыми значениями для объемного разряда в газе. Этот феномен, подробно описанный в работах [16, 17], представляет особый интерес для разработки новых подходов к проектированию высоковольтной изоляции.

С точки зрения физики процесса, наблюдаемые эффекты могут быть объяснены через призму изменения условий накопления и рекомбинации

зарядов на границе раздела сред. Как отмечают исследователи, формирование поверхностного заряда приводит к существенной модификации потенциального рельефа в приэлектродной области, что в конечном итоге и обуславливает снижение пробивного напряжения. Данное обстоятельство имеет важные практические следствия для разработки эффективных систем защиты от поверхностных разрядов в высоковольтном оборудовании.

Возникает неоднородное поле с преобладанием тангенциальной составляющей на участках АВ и CD (Рис 2.13)

Под действием влаги на поверхности диэлектрика, под действием тангенциальной составляющей напряженности поля возникает разность потенциала, которая может быть значительной:

$$E = -grad \varphi \quad (2.20)$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \int_0^d E d\varphi \quad (2.21)$$

В нашем случае высокочастотный разряд емкостного типа. Высокочастотное напряжение подается на плоскопараллельные электроды, один из которых изолирован твердым диэлектриком. При этом имеется область, где твердый диэлектрик занимает все пространство между электродами. Рассмотрим разряд при давлении $p = 101325$ Па, то есть при нормальных условиях [13,16].

Согласно современным научным представлениям, процесс адсорбции электронов на поверхности диэлектрика представляет собой сложное физическое явление, требующее детального рассмотрения. Как показывают экспериментальные исследования, при попадании электронов на поверхность стекла наблюдается следующий каскад процессов:

1. Первичная адсорбция:

- Электроны захватываются ловушками поверхностных состояний
- Образуются локализованные отрицательные заряды

- Происходит поляризация приповерхностного слоя диэлектрика

2. Формирование пространственного заряда:

- По мере накопления электронов создается отрицательный поверхностный потенциал

- Возникает тормозящее поле, достигающее значений 10^4 - 10^5 В/м

- Наблюдается эффект автоэлектронной эмиссии при критических плотностях заряда.

Напряжение разряда вдоль поверхности твердых диэлектриков всегда ниже разрядного напряжения воздушного промежутка. В нашем случае имеет место неоднородное поле, содержащее и тангенциальную и нормальную составляющую.

Снижение разрядного напряжения из-за адсорбции диэлектрика влаги. Стекло обладает гигроскопичностью. Под действием приложенного напряжения диссоциирование иона, содержащееся в абсорбированной влаге, перераспределяются по поверхности диэлектрика, искажая градиент потенциала вдоль его поверхности. В результате разрядное напряжение уменьшается.

Применяя уравнения электростатики к границам: электрод – диэлектрик, диэлектрик – плазма, плазма – электрод, рассматриваем поле. Полем в металле пренебрегаем, так как он обладает высокой проводимостью

$$j_1 = \frac{dq_1}{dt} \quad (2.22)$$

$$U = \frac{4\pi l}{\varepsilon} q + \frac{j_1 L}{\sigma} \quad (2.23)$$

Результаты исследования зависимости напряжения поверхностного разряда при относительной влажности 37-39% совпадает с напряжением пробоя воздуха для диэлектриков с величиной диэлектрической проницаемости, не превышающей 150. Неоднородность электрического поля

снижает напряжение возникновения разряда. При возрастании влажности 40-50% начинается резкое снижение напряжения возникновения разряда. На поверхности твердых диэлектриков при большой относительной влажности и в сильном электрическом поле образуются сплошные слои влаги от одного электрода к другому, причем образование этих слоев облегчено, если поверхность диэлектрика смачивается водой.

В результате, проводимость возрастает, накапливаются положительные заряды у катода и отрицательные заряды у анода.

При наличии нормальной составляющей к поверхности диэлектрика напряжение разряда уменьшается. Это происходит в результате действия нормальной составляющей, заряды прижимаются к поверхности диэлектрика, что вызывает добавочную термическую ионизацию и снижение напряжения возникновения разряда. Одновременно происходит осаждение зарядов на поверхности диэлектриков у электрода.

Влияет отношение расстояния между электродами к толщине диэлектрика.

Напряжения возникновения разряда растет с увеличением d толщины диэлектрика. При решении задач, связанных с процессами в ячейке разрядного блока при высоком значении E необходимо учитывать следующие положения:

- 1) Напряжения возникновения поверхностного разряда стекол диэлектриков, как и керамических всегда равно или меньше напряжения пробоя воздуха;
- 2) В неоднородном электрическом поле с резко выраженной нормальной составляющей к поверхности диэлектрика $U_{\text{разряда}}$ значительно снижено;
- 3) Напряжение поверхностного разряда уменьшается с ростом частоты тем сильнее, чем больше диэлектрическая проницаемость диэлектрика.

Тогда:

$$\frac{d\rho}{dt} + \frac{dj_1}{dx} = 0 \quad (2.24)$$

$$\frac{dE}{dx} = 4\pi\rho \quad (2.25)$$

$$j_1 = \sigma E \quad (2.26)$$

$$j_1 = \frac{1}{4\pi} \cdot \frac{dE}{dt} = j_1 + j_{\text{см}} = j(t) \quad (2.27)$$

q_1 и q плотности зарядов в плазме и на электродах.

Рассмотрим поле в ячейке разрядного блока: $E_1 = \frac{\sigma}{\varepsilon_1 \varepsilon_0}$

Если, $U = E_1 \cdot d$

Тогда: $E_1 = \frac{U}{d} = \frac{\sigma}{\varepsilon_1 \varepsilon_0}$

Таким образом, определим распределение φ по толщине ячейки:

$\varphi_1(x) = \frac{U}{d} x$ – распределяет потенциал в сплошной среде

$$\begin{cases} E_1 d_1 + E_2 d_2 = U \\ \varepsilon_1 E_1 = \varepsilon_2 E_2 \end{cases} \quad (2.28)$$

з первого уравнения системы выразим: $E_1 = \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} E_2$

Преобразуя систему уравнений, получаем:

$$\begin{cases} \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} E_2 d_1 + E_2 d_2 = U & x \in (0; d_1) \\ E_2 \left(\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} d_1 + d_2 \right) = U & x \in (d_1; d_1 + d_2) \\ E_2 = \frac{U}{d_2 + d_1 \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}} & d = d_1 + d_2 \\ \varepsilon_2 = f(\varphi) & \varphi \in 80 \div 95\% \end{cases} \quad (2.29)$$

Где: $E_2 = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} E_1$

И, соответственно:

$$E_1 d_1 + \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} E_1 d_2 = U \quad (2.30)$$

$$E_1 = \frac{U}{d_1 + d_2 \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}} \quad (2.31)$$

Тогда потенциал в любой точке:

$$\varphi(x) = \frac{U}{d_1 + d_2 \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}} \cdot x | (0; d_1) \quad (2.32)$$

И

$$\varphi(x) = \frac{U}{d_2 + d_1 \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}} \cdot x | (d_1; d_1 + d_2) \quad (2.33)$$

В сплошной среде $\varphi_1(x) = \frac{U}{d_1 + d_2} \cdot x$

$$\varphi(x) = \begin{cases} U - E_2 x, & x \in (0; d_2) \\ U - E_2 d_2 - E_1 x_1, & x \in (0; d_1) \end{cases} \quad (2.34)$$

Выводы по второй главе:

1. Проанализированы конструктивные параметры различных типов конструкций разрядного блока и выявлена наиболее эффективная в данных условиях окружающей среды.
2. Определено влияние параметров разрядного блока на максимально допустимое значение напряженности промежутка, а также получена зависимость для определения максимально допустимой напряженности поля в разрядном промежутке.
3. Рассчитана теоретическая минимально допустимая длина промежутка между противоположно заряженными электродами по поверхности разрядного блока
4. Получены математические модели, позволяющая детально смоделировать напряженность, напряжение, эквипотенциали и токи смещения в разрядной ячейке.

3. Программное моделирование разрядного блока электроозонатора.

Решение множества задач в области электротехнологий требует не только глубокого понимания фундаментальных принципов физики, химии и математики, но и активного применения современных визуальных и вычислительных средств, позволяющих наглядно представить и осмыслить сложные явления, возникающие в полевых условиях. Следует отметить, что компьютерный подход, используемый при анализе подобных задач, не только способствует детальной визуализации динамических процессов в электрических системах, но и обеспечивает получение гибких результатов моделирования, крайне важных для последующего анализа.

Проанализировав различные источники информации, можно прийти к выводу, что задачи математического моделирования и визуализации оказываются неразрывно связанными, что подтверждается регулярным проведением специализированных конференций, посвященных данным вопросам. Необходимо обратить внимание на то, что актуальность геометрического моделирования была осознана не только в традиционных сферах промышленности и инженерии, но и в таких перспективных областях, как наноэлектроника.

Согласно информации из литературы, визуализация, понимаемая как метод представления информации в виде оптического изображения (рисунков, графиков, диаграмм), особенно эффективна при работе с изначально незрительными данными, такими как пространственное распределение линий электромагнитных полей, напряженности или температурных градиентов. Известным фактом является то, что зрение обеспечивает человеку до 90% воспринимаемой информации, что делает визуальные методы анализа исключительно ценными. Анализируя изображения, исследователь получает возможность изучать пространственные структуры объекта, а также интерпретировать распределение оптических плотностей и цветовых

характеристик, которые отражают ключевые свойства как реальных, так и виртуальных объектов исследуемой системы.

Представление данных в виде графических образов позволяет ученому или инженеру, словно проникая внутрь изучаемой системы, наблюдать процессы, которые оставались бы скрытыми без применения методов визуализации. Более того, в некоторых случаях именно визуализация приводит к инсайту и полному пониманию сложных физических явлений.

Однако, несмотря на очевидные преимущества, выбор оптимального метода визуализации представляет собой нетривиальную задачу. Современные программные средства анализа данных предлагают сотни вариантов графиков и диаграмм, что, с одной стороны, расширяет возможности исследователя, а с другой — может вызвать затруднения при самостоятельном выборе подходящего формата. Таким образом, обилие инструментов визуализации, доступных пользователю, требует не только технической грамотности, но и четкого понимания целей анализа.

3.1 Моделирование электромагнитных полей с помощью программы ELCUT. Краткая информация о программе ELCUT.

Применение аналитических методов при исследовании задач теории электромагнитного поля возможно лишь в случаях, когда рассматриваются простейшие геометрические конфигурации тел и сред. Как отмечают различные авторы, ключевыми ограничениями здесь выступают линейность, а также однородность и изотропность электромагнитных параметров. Однако, проанализировав реальные инженерные задачи, можно сделать вывод, что они редко соответствуют данным условиям, в связи с чем их решение чаще всего осуществляется численными методами посредством компьютерного моделирования с использованием специализированных программных комплексов.

В рамках данной работы применялась студенческая версия программного обеспечения ELCUT, предназначенного для инженерного

анализа электромагнитных, тепловых и механических процессов методом конечных элементов. Согласно информации с официального сайта разработчика (www.elcut.ru), данная версия обладает полным функционалом профессионального пакета, однако имеет ограничение на количество узлов сетки (не более 255). Необходимо обратить внимание на то, что процесс моделирования в ELCUT включает в себя несколько ключевых этапов:

1. Постановка задачи, предполагающая определение размерности модели и характера исследуемого поля.
2. Построение геометрической модели в интерфейсе программы.
3. Задание физических свойств и граничных условий, а также генерация сетки конечных элементов.
4. Проведение численного расчета.
5. Визуализация и анализ полученных результатов.

Известным фактом является то, что анализ и расчет нелинейных цепей представляют собой сложную задачу, а в некоторых случаях аналитическое решение может вовсе отсутствовать. По мнению многих авторов, именно по этой причине моделирование нелинейных систем с применением численных приближенных методов зачастую становится единственным способом их исследования.

Расчеты электростатического поля находят широкое применение в различных областях электротехники и радиотехники. Согласно информации из литературы, они используются при проектировании высоковольтного оборудования (такого как разрядники, выключатели и элементы ЛЭП), изоляционных конструкций, кабельных линий и конденсаторов. Кроме того, подобные расчеты играют важную роль при анализе распространения электромагнитных волн в волноводах. Среди ключевых физических величин, представляющих наибольший интерес, следует выделить:

- электрический потенциал,
- напряженность электростатического поля,
- электростатическую индукцию (смещение),

- заряд,
- емкость,
- электростатические силы.

Таким образом, можно сделать вывод, что численные методы моделирования, несмотря на свои ограничения, являются незаменимым инструментом при решении сложных инженерных задач, связанных с электромагнитными полями.

3.2 Модель электрического поля разрядного промежутка.

Модель электрического поля в разрядном промежутке построена с помощью программы Elcut 5.1. На рисунке 3.1 показан разрядный промежуток с цветовым изображением изменения напряжения при расстоянии между противоположно заряженными электродами 55 мм.



Рис 3.1 Картина поля разрядного блока электроозонатора с эквипотенциальными линиями напряженности поля (Расстояние по поверхности между электродами 55 мм).

Как видно из рисунка 3.1 линии напряженности поля имеют неоднородную структуру и изменяются по длине конструкции, более подробно это можно увидеть на Рис 3.2

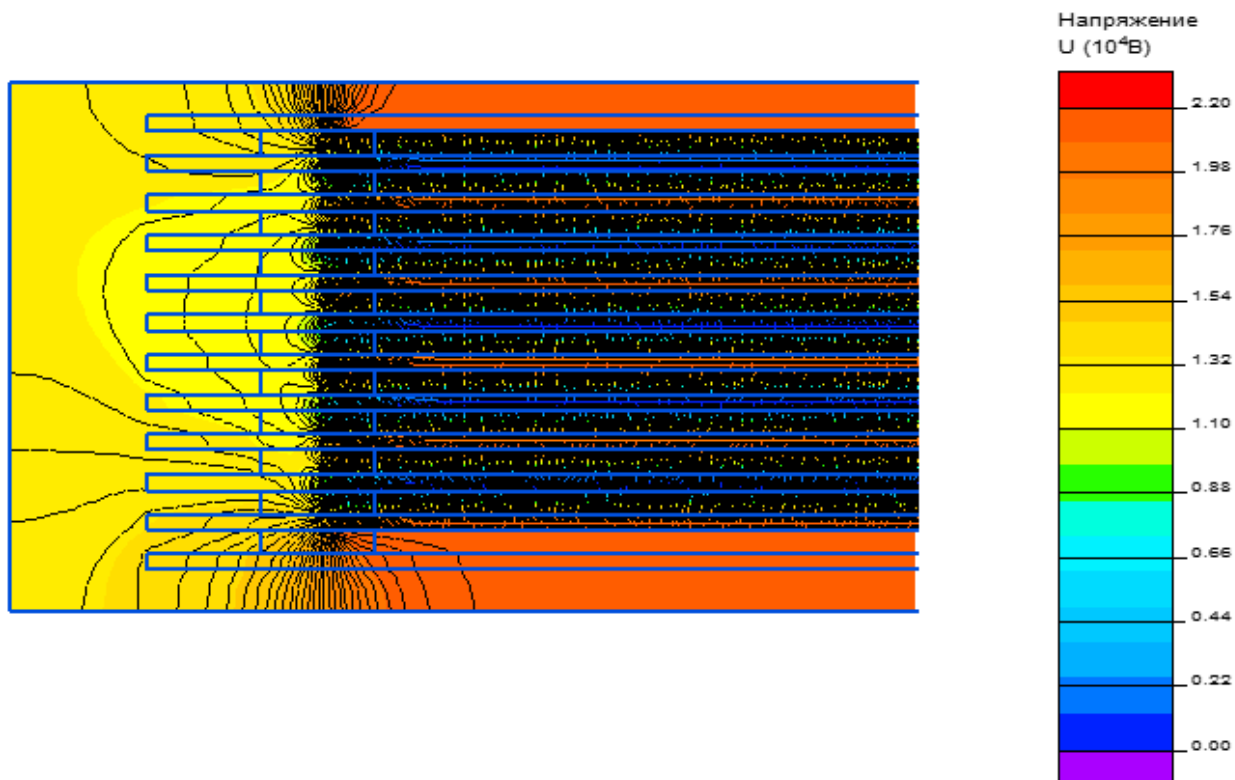


Рис 3.2 Картина поля части разрядного блока электроозонатора с эквипотенциальными линиями напряженности поля (Расстояние по поверхности между электродами 55 мм).

Из рисунка 3.2 видно, что линии напряженности поля создают перенапряжения и высокую разность потенциала на краях разрядного блока, имея максимум в области края разрядного блока и минимальным расстоянием до первого электрода и минимум в области геометрического центра. Таким образом, как видно из рисунка 3.2 создаются области перенапряжения в местах ребер диэлектрических пластин, что может привести к появлению дуговой формы разряда. В других частях разрядного промежутка напряженность поля не оказывает значительного влияния на процесс.

Программа Elcut позволяет добавить вектор, вдоль которого система определяет изменение напряжения, напряженности, градиента напряженности и других величин, а затем строит график изменения заданной величины от расстояния. На Рис 3.3 изображена зависимость напряженности, нормальной напряженности, напряженности относительно координаты x и напряженности

относительно координаты y от расстояния между двумя электродами вдоль поверхности диэлектрика.

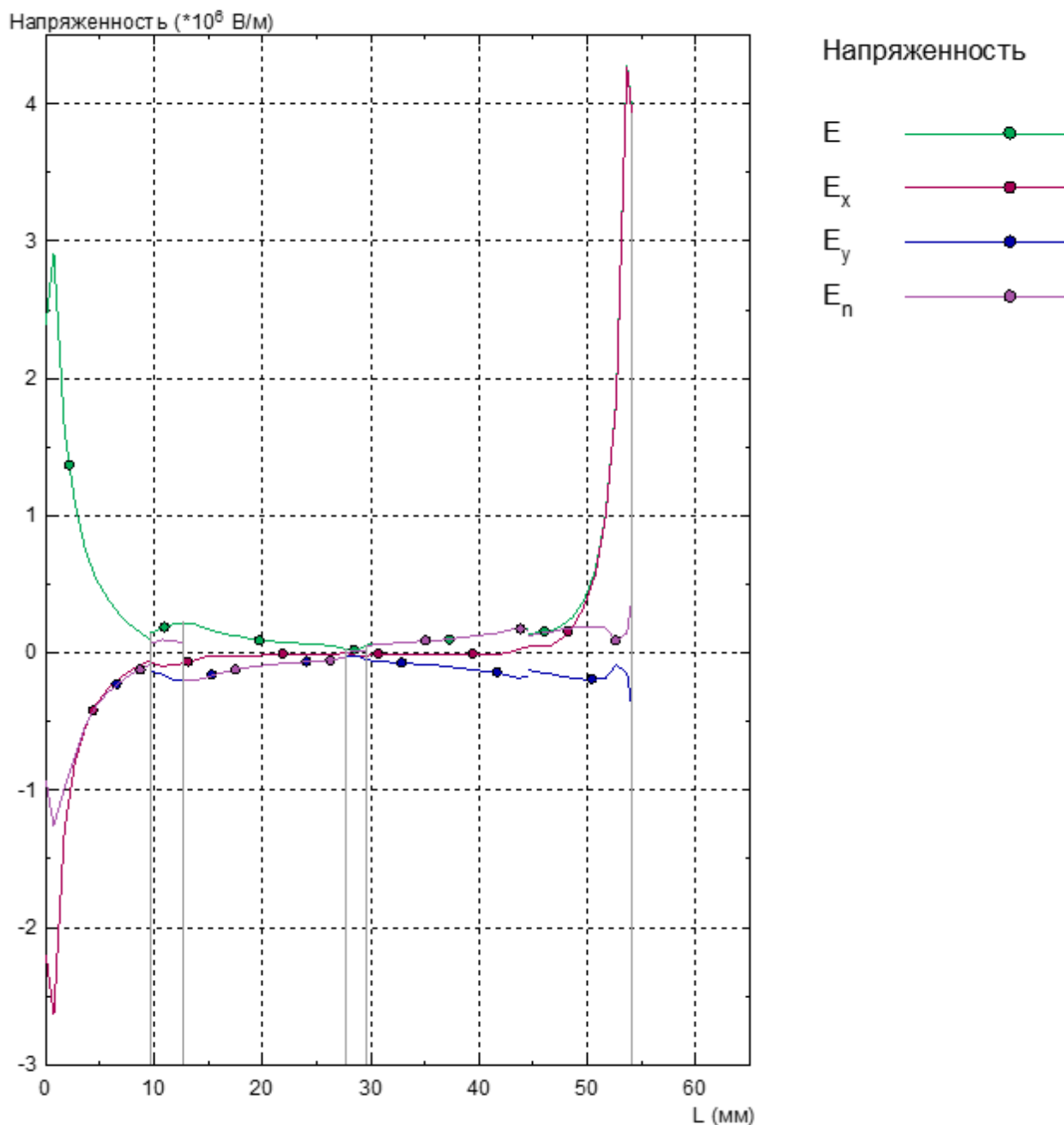


Рис 3.3 Напряженность вдоль контура поверхности стекла от одного электрода до другого (расстояние по поверхности между электродами 55 мм).

Как видно из Рис 3.3 максимальная напряженность наблюдается на расстоянии от начала одного электрода 10 мм по поверхности и около второго электрода в области 10 мм, нормальная напряженность E_n и напряженность E_y вдоль оси « y » совпадает своим максимальным значением в области первого электрода. Нулевой потенциал наблюдается на расстоянии от 10 мм первого

электрода до 45 мм, также в области нулевого значения находятся все значения напряженности на этом участке.

Следовательно, наиболее высокие требования по электрическому сопротивлению необходимо предъявлять к области вблизи самих электродов.

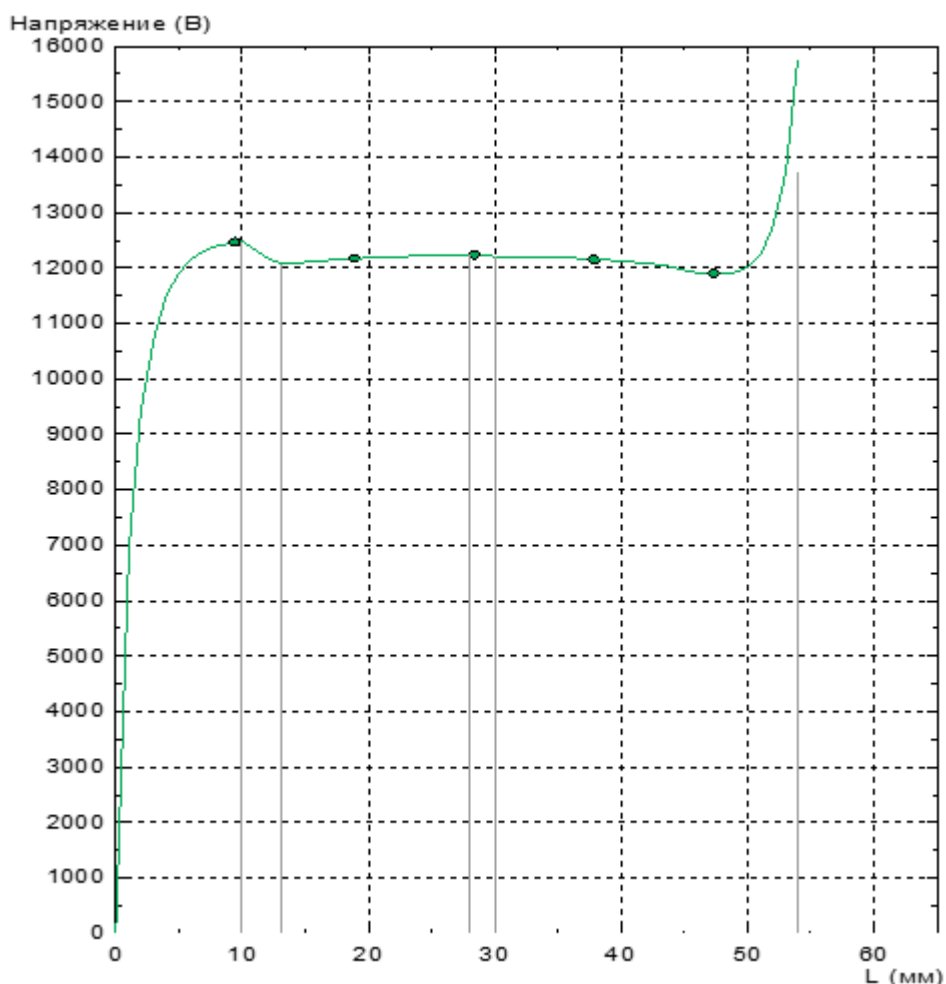


Рис 3.4 Напряжение вдоль контура поверхности стекла от одного электрода до другого (расстояние по поверхности между электродами 55 мм).

Из Рис 3.4 видно, что на участке от одного электрода до края диэлектрика на расстоянии в 10 мм идет резкий рост значения напряжения и, затем от 50 мм начала другого края диэлектрика до начала второго электрода 55 мм рост значения напряжения продолжается и достигает максимума. Проанализировав график, можно сделать вывод что из-за большой разности

потенциала у краев диэлектрических пластин возникает опасность возникновения дуговой формы разряда.

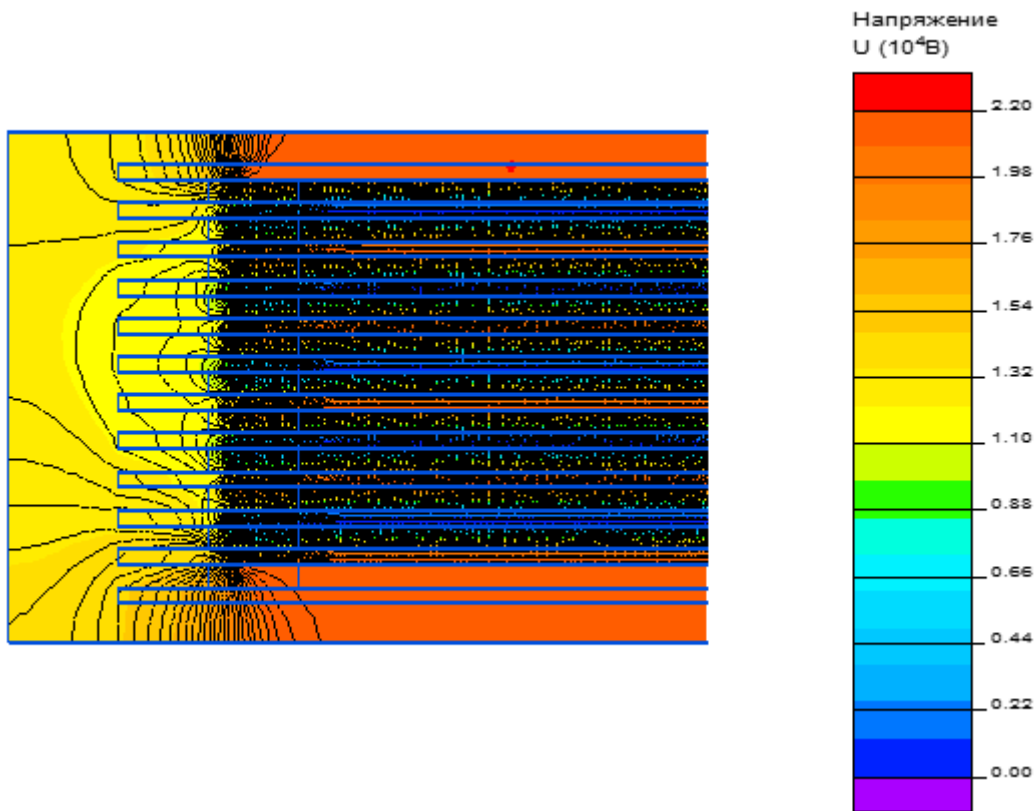


Рис 3.5 Картина поля части разрядного блока электроозонатора с эквипотенциальными линиями напряженности поля (Расстояние по поверхности между электродами 45 мм).

Из рисунка 3.5 видно, что линии напряженности поля создают перенапряжения в тех же областях что и на разрядном блоке с расстоянием по поверхности между электродами 55 мм. Таким образом видно из рисунка 3.5, что при таком расстоянии перенапряжения в местах ребер диэлектрических пластин повысились на 4000 В, что увеличивает вероятность появления дуговой формы разряда. Согласно чему, необходимо особенно учитывать сопротивление в этой области.

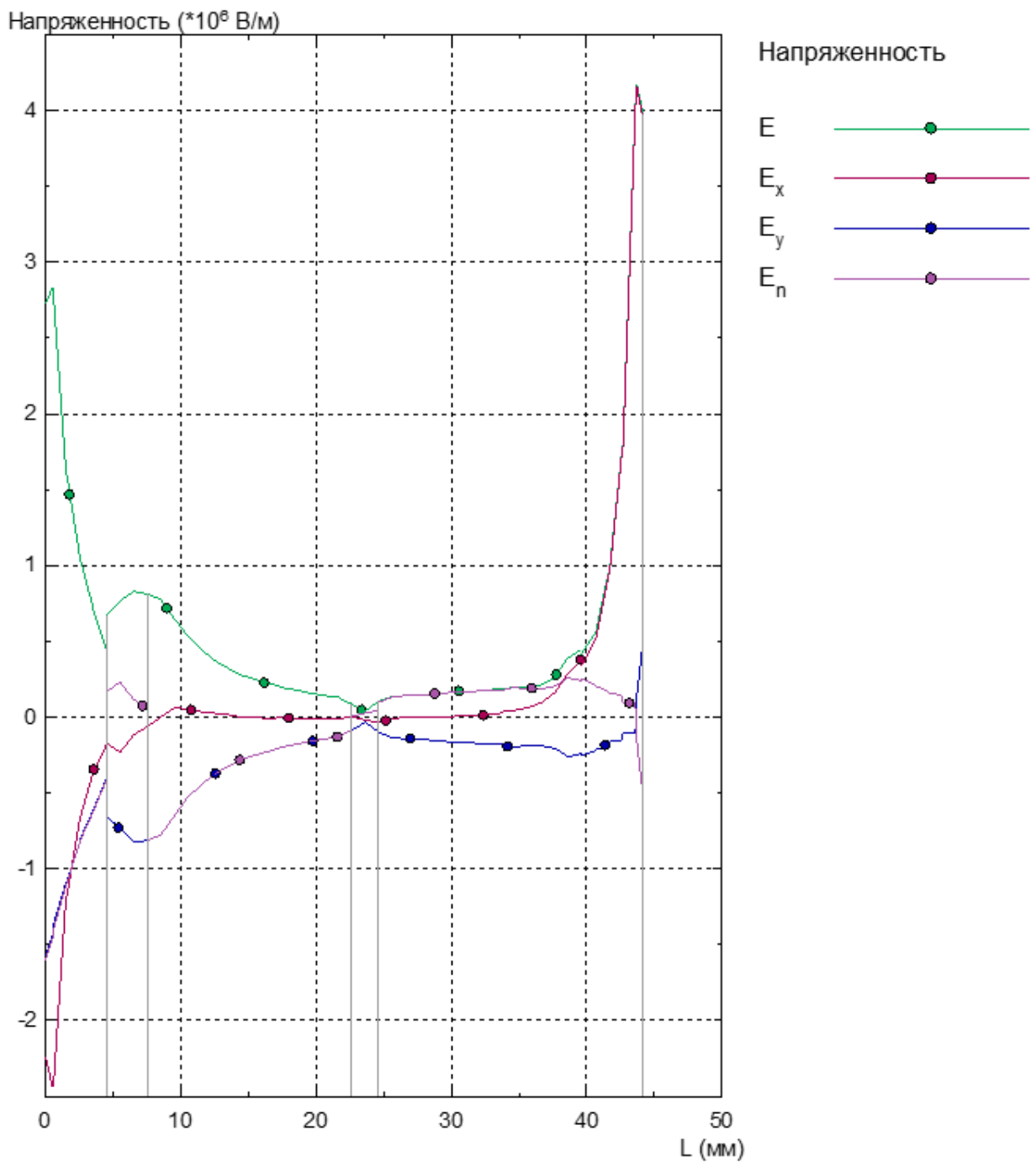


Рис 3.6 Напряженность вдоль контура поверхности стекла от одного электрода до другого при расстоянии 45 мм.

Как видно из Рис 3.6 максимальная напряженность наблюдается на расстоянии от начала одного электрода 5 мм по поверхности и составляет 2,3 кВ/мм. Далее около второго электрода в области от 37 мм до 45 мм, нормальная напряженность E и напряженность E_x вдоль оси «у» совпадает своим максимальным значением в области первого электрода и составляет 4

кВ/мм. Нулевой потенциал наблюдается лишь на длине в 2 мм ребра твердого диэлектрика от 23 до 25 мм. На остальных участках видно резко неоднородное значение всех напряженностей.

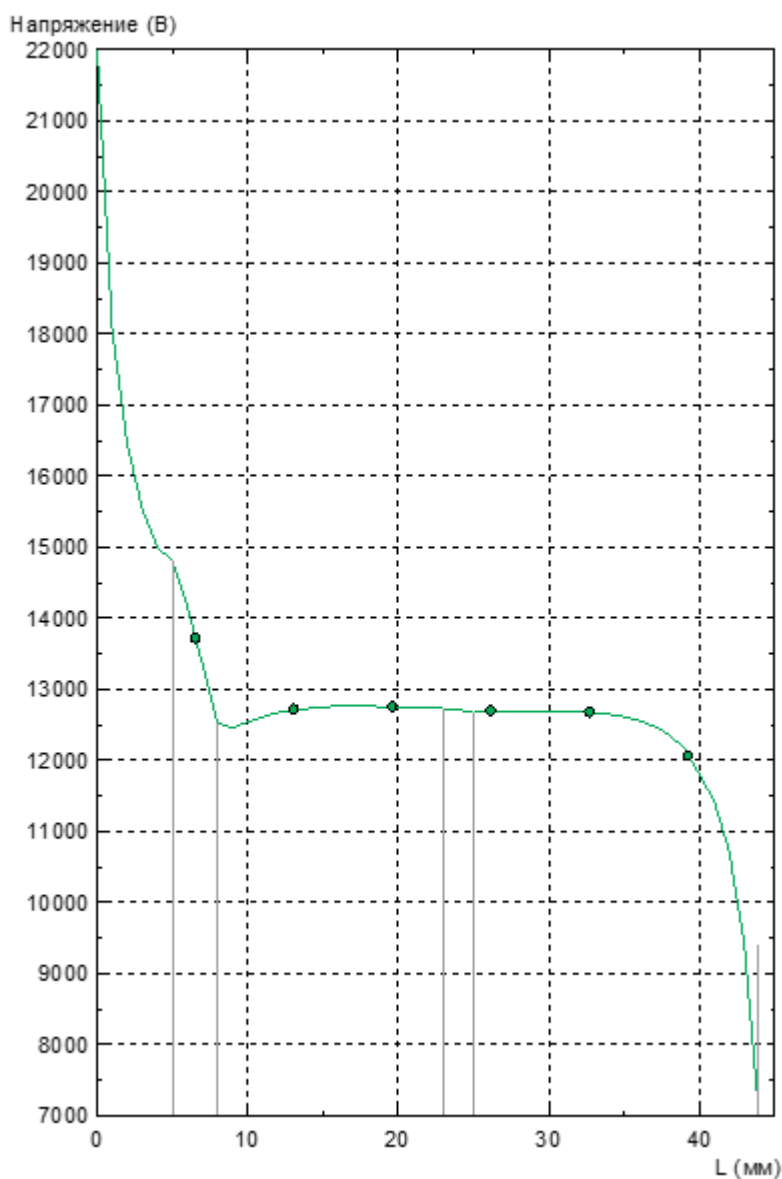


Рис 3.7 Напряжение вдоль контура поверхности стекла от одного электрода до другого при расстоянии 45 мм.

Из Рис 3.7 видно, что на участке от одного электрода до края диэлектрика на расстоянии первых 5 мм идет резкий рост значения напряжения и разность потенциала составляет 7,2 кВ. Затем от начала другого края диэлектрика до начала второго электрода на расстоянии от 37 до 45 мм рост значения напряжения продолжается и достигает максимума разности потенциала 5,5 кВ. Следует отметить, что при таком расстоянии между

противоположно заряженными электродами, на ребре твердого диэлектрика появилась разность потенциала около 2 кВ, чего не наблюдалось при расстоянии 55мм. Проанализировав график, можно сделать вывод что при таком расстоянии между противоположно заряженными электродами, вероятность возникновения дуговой формы разряда выше, так как при этих размерах разрядного блока график напряжения возрастает быстрее.

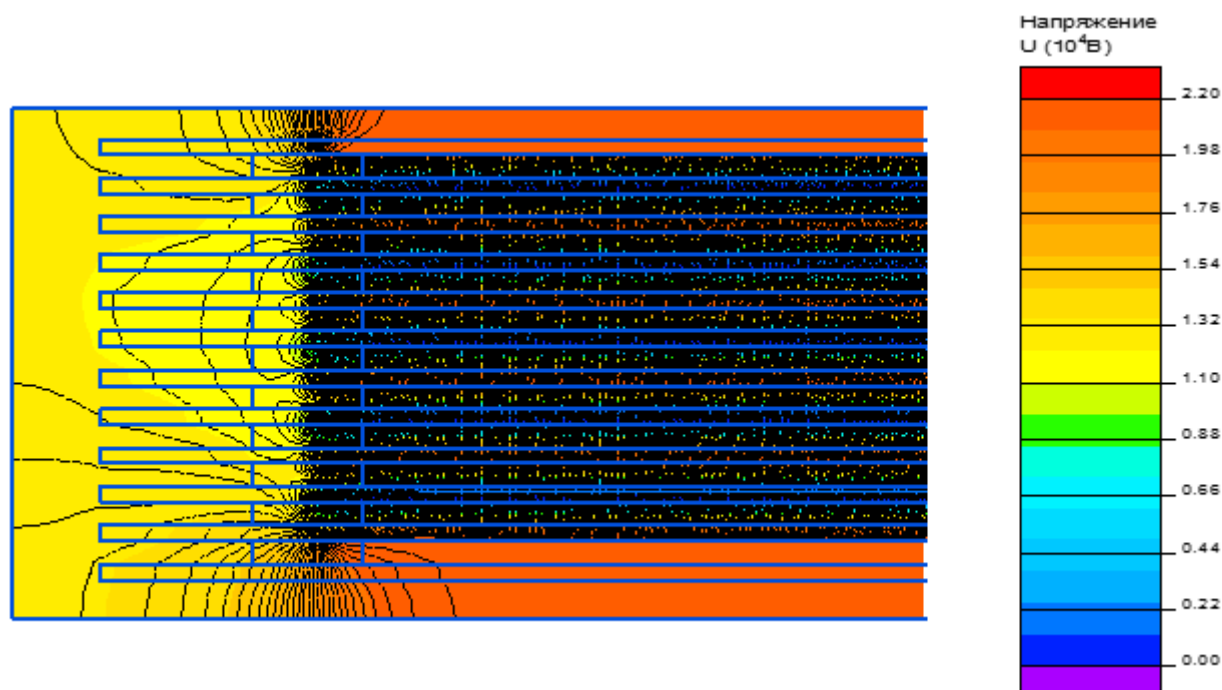
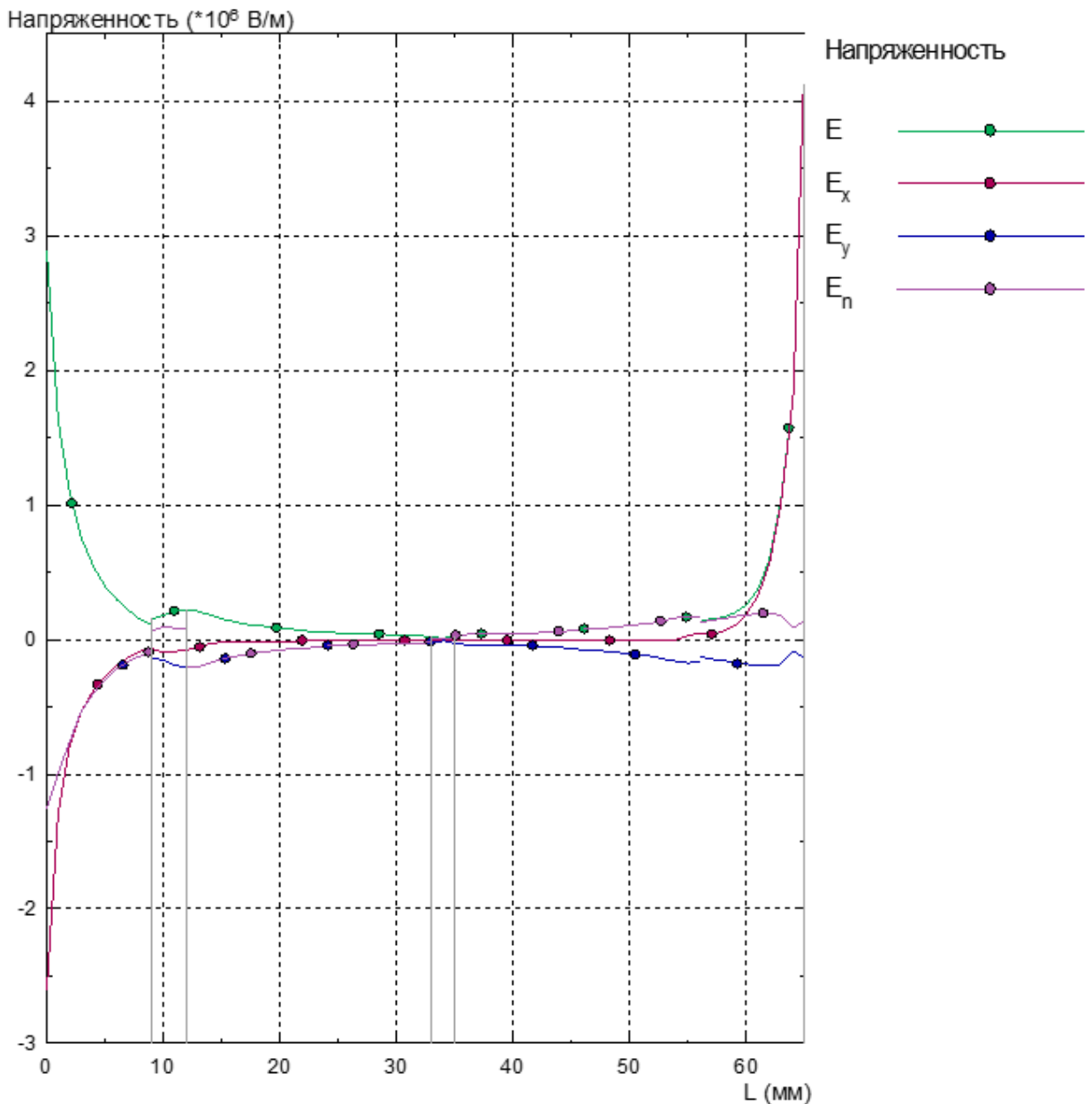


Рис 3.8 Картина поля части разрядного блока электроозонатора с эквипотенциальными линиями напряженности поля (Расстояние по поверхности между электродами 65 мм).

Из рисунка 3.8 видно, что линии напряженности поля создают перенапряжения в тех же областях что и на разрядном блоке с расстоянием по поверхности между электродами 45 и 55 мм, но при этом эквипотенциали напряженности поля проходят в областях, не позволяющих возникнуть разности потенциала на ребрах разрядного блока.



3.9 Напряженность вдоль контура поверхности стекла от одного электрода до другого при расстоянии 65мм.

Как видно из Рис 3.9 максимальная напряженность наблюдается на расстоянии от начала одного электрода на 9-10мм по поверхности и составляет 2,6 кВ/мм. Затем около второго электрода в области 10мм, напряженность E и напряженность E_x вдоль оси «у» своим максимальным значением в области составляет 4 кВ/мм. Напряженность в области нулевых значений наблюдается на всем расстоянии от 10 мм одного ребра твердого диэлектрика до 55 мм другого диэлектрика.

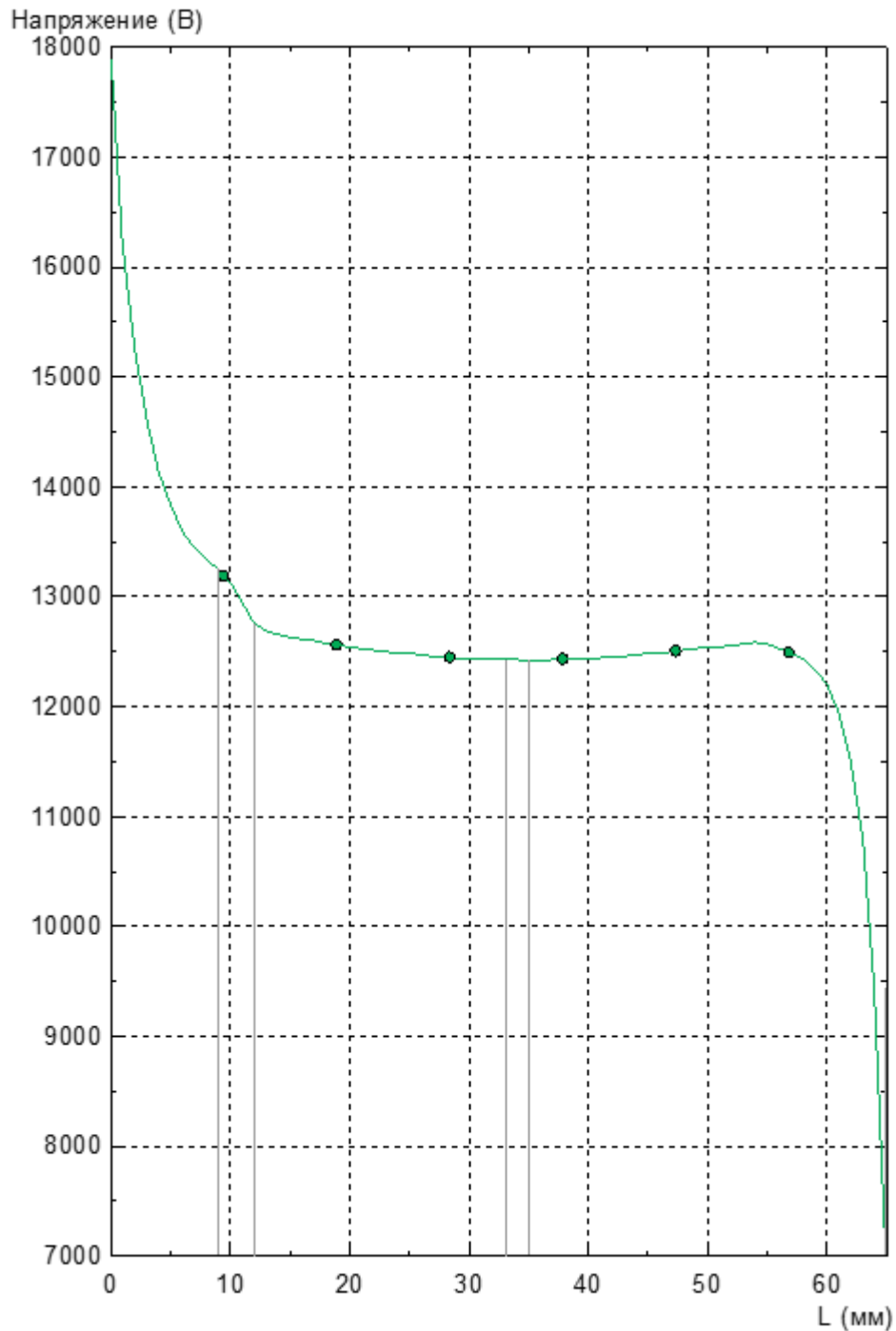


Рис 3.10 Напряжение вдоль контура поверхности стекла от одного электрода до другого при расстоянии 65мм.

Из Рис 3.10 видно, что на участке от одного электрода до края диэлектрика на расстоянии 10 мм идет резкий рост значения напряжения и разность потенциала составляет 4,8 кВ, затем от начала другого края диэлектрика на расстоянии от 55 мм до 65 мм начала второго электрода рост значения напряжения продолжается и разность потенциала составляет 5,5 кВ.

Проанализировав график, можно сделать вывод что при той же разности потенциала, что и при расстоянии между противоположно заряженными электродами в 55мм и 45мм, на расстоянии 65мм вероятность возникновения дуговой формы разряда ниже.

Выводы по главе:

1. Для снижения вероятности возникновения дуговой формы разряда, необходимо чтобы линии напряженности поля не выходили за область диэлектрических барьеров разрядного блока.

2. Исходя из полученной программной модели разрядного блока электроозонатора, минимально допустимое расстояние по поверхности между противоположено заряженными электродами должно составлять не менее 63 мм.

4. Дезинфекция биореактора озоновоздушной смесью и экономическая эффективность применения технологии.

4.1 Озоновоздушная обработка биореактора и влияние ее на выживаемость бактерицидной обсемененности.

Экспериментальные исследования по влиянию озоновоздушной обработки биореактора (Рис 4.1-4.2) в установке глубинного культивирования микроорганизмов, с целью их полной дезинфекции перед засевом новой культуры проводились в течение двух лет (2014 - 2016 гг.) в лабораторных условиях, а также на существующем предприятии Биокомбинате ИП Исупова Е.В. ст. Челбасской Каневского района Краснодарского края.



Рис 4.1 Биореактор на котором проводился эксперимент. Вид снаружи.



Рис 4.2 Биореактор на котором проводился эксперимент. Вид изнутри.

После получения требуемой культуры ее изымают из ферментера для последующей реализации. Затем трубы для подачи пара перекрывают и на входной и выходной патрубках биореактора соединяют с выходным и входным соплом электроозонирующего устройства соответственно. Тем самым заставляя озоновоздушную смесь циркулировать по системе озонатор-биореактор.

Рассмотрим принципиальную технологическую схему глубинного культивирования со встроенным в нее электроозонатором (под номером 13 на Рис 4.3):

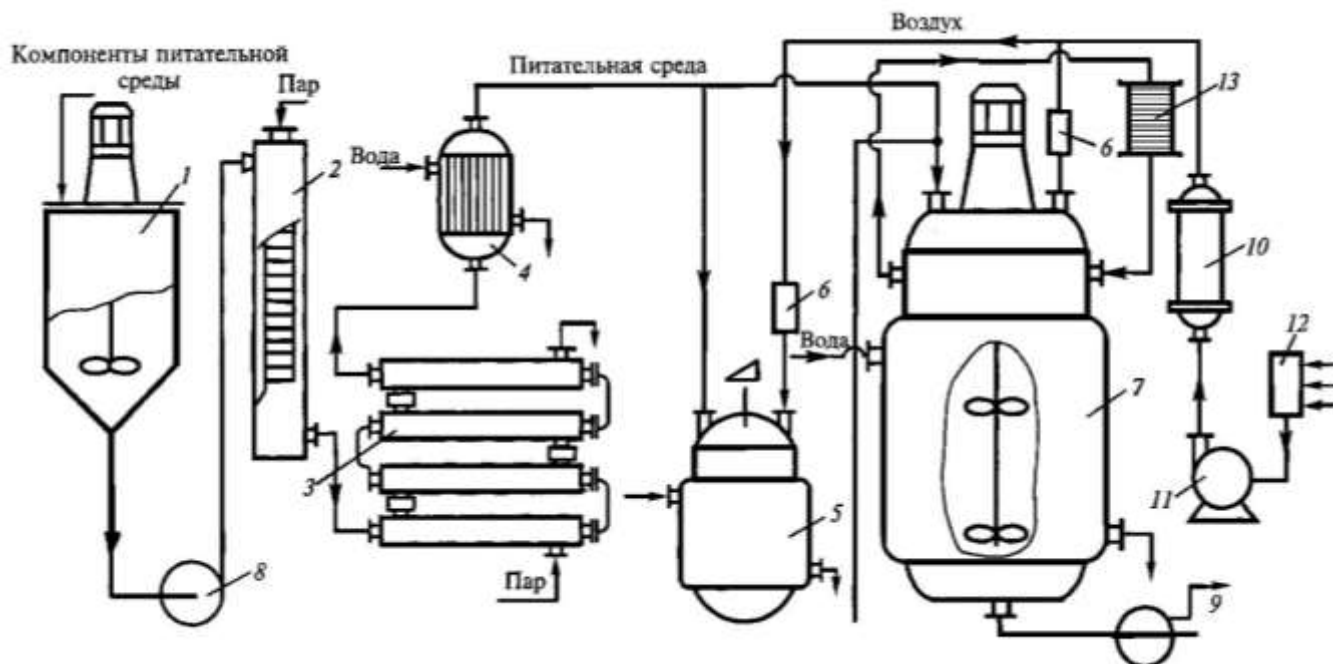


Рис. 4.3 Принципиальная технологическая схема процесса глубинного культивирования микроорганизмов

1 – смеситель питательной среды; 2 – колонна для непрерывной дезинфекции потока питательной среды острым паром; 3 - теплообменник – выдерживатель; 4 – теплообменник для охлаждения потока питательной среды; 5 – инокуляторы (посевные аппараты); 6 – индивидуальные фильтры для очистки воздуха, подаваемого в инокулятор; 7 – реактор – ферментер; 8,9 – насосы; 10 – масляный фильтр для предварительной очистки воздуха; 11 – компрессор; 12- головной фильтр для очистки воздуха; 13 – электроозонатор.

С целью контроля обработки внутренних поверхностей биореактора, был взят смыв с необработанного танка. Дезинфекция биореакторов осуществлялась при температуре $+16...+20^{\circ}\text{C}$ и влажности воздуха (внутри него) 90% с помощью генератора озона мощностью 400 Вт. Обработку проводили при различном времени обработки 30, 60, 90 и 120 минут. Такое время обработки выбрано после проведения поискового эксперимента, который показал, что наилучший результат дезинфекции биореактора

достигается в области от 30 до 120 минут обработки при различной экспозиции, таким образом, этот диапазон был разбит на равные части и представлен к исследованию. Внутренние поверхности биореактора обрабатывали однократно для объема танка 1 м³. Повторность эксперимента составила 5 раз.

Для определения влияния различных концентраций озона на степень стерильности биореактора, их обработку проводили при следующих концентрациях озона:

- 1 - 10 мг/м³;
- 2 - 15 мг/м³;
- 3 - 20 мг/м³;
- 4 - 25 мг/м³;
- 5 - контроль (без обработки).

Тем самым изменяли количество подаваемой озонозодушной смеси на обрабатываемую внутреннюю поверхность [87].

Оценка эффективности обработки емкостей озонозодушной смесью проводилась путем отбора смывов с использованием стерильных ватно-марлевых тампонов. Как и указано в методике, забор проб осуществлялся с поверхностей, подвергшихся воздействию озона, при этом минимальная площадь контроля составляла 100 см². Важно подчеркнуть, что взятие смывов выполнялось не ранее чем через 30 минут после завершения обработки, что, по мнению многих исследователей, позволяет получить наиболее объективные данные о степени дезинфекции.

Следует отметить, что для обеспечения достоверности результатов пробы отбирались по диагонали исследуемых поверхностей биореактора. Проанализировав различные методические рекомендации, авторы пришли к выводу, что минимальное количество точек отбора должно составлять пять. Известным фактом является то, что использование стерильного материала при взятии проб играет ключевую роль в предотвращении вторичной контаминации. После забора каждый тампон помещался в индивидуальную

пробирку с герметичной пробкой, после чего маркировался в соответствии с установленной нумерацией [8,87].

Необходимо обратить внимание на то, что на рисунке 4.4 наглядно продемонстрирован процесс взятия смывов с внутренних поверхностей танков, что позволяет визуализировать применяемую методику.

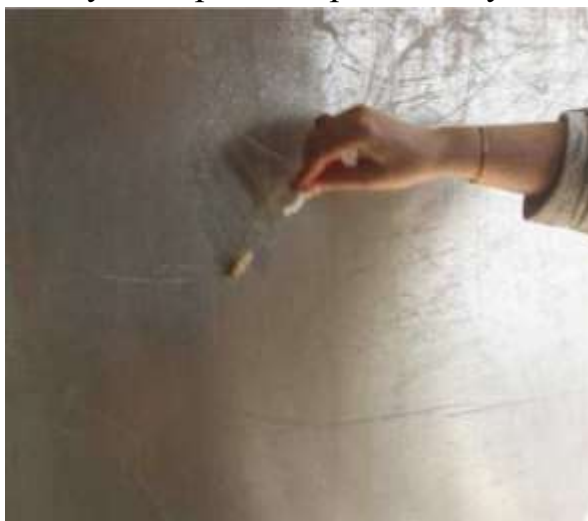


Рисунок 4.4 - Взятие смывов с обработанных поверхностей

Согласно общепринятым микробиологическим методикам, забор проб для определения уровня обсеменённости осуществляли методом смывов. Как рекомендовано в методической литературе, для этих целей применяли специально подготовленные тампоны, представляющие собой стержни длиной 140 мм и диаметром 3 мм, на концах которых закреплялась стерильная вата. Необходимо обратить внимание на то, что для обеспечения достоверности получаемых результатов все используемые тампоны и пробирки предварительно подвергали тщательной дезинфекции в сухожаровом шкафу.

Проанализировав различные источники информации, следует отметить, что подготовка лабораторной посуды включала несколько последовательных этапов: первоначальное мытьё пробирок, их последующую сушку и герметизацию ватно-марлевыми пробками. Известным фактом является то, что тампоны и пробирки, предварительно завернутые в стерильную бумагу, обрабатывали сухим жаром при температуре 180°C в

течение 30 минут. После проведения стерилизации, соблюдая все правила асептики, в подготовленные пробирки вносили по 5 мл стерильного физиологического раствора, после чего их закрывали обработанными тампонами.

Следует подчеркнуть, что процедура взятия смывов выполнялась по строго регламентированной методике: тампон погружали в физиологический раствор, после чего проводили им по исследуемой поверхности площадью не менее 100 см². Как указывают многочисленные исследователи [16,109,129], после взятия пробы тампон возвращали в пробирку таким образом, чтобы рабочая часть полностью погрузилась в раствор. Особое значение имеет тот факт, что все отобранные пробы в течение двух часов после забора направляли на микробиологический анализ, целью которого являлось определение количества сохранивших жизнеспособность бактериальных клеток на внутренних поверхностях биореактора.

Поскольку, как отмечают различные авторы, пробы с микроорганизмами крайне редко содержат непосредственно подсчитываемое количество бактерий, для получения статистически достоверных данных прибегали к методике последовательных разведений. Согласно информации из литературы, десятикратные серийные разведения выполняли с целью достижения оптимальной концентрации микроорганизмов (15-300 колониобразующих единиц) для последующего посева на чашки Петри. В данном исследовании, как и во многих аналогичных работах [8,16,129], образцы с требуемой плотностью микроорганизмов высевали на питательный агар для последующего определения КОЕ/мл.

В качестве ключевого критерия оптимизации была выбрана эффективность обеззараживания биореактора, оцениваемая по микробиологическим показателям. Как видно на рисунке 4.5, основным оценочным параметром служил КМАФАНМ - количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов. Следует отметить, что данный показатель, согласно современным представлениям [8,109],

является одним из важнейших критериев оценки стерильности, при этом наличие санитарно-показательной и патогенной микрофлоры традиционно выражают в колониобразующих единицах на миллилитр (КОЕ/мл).

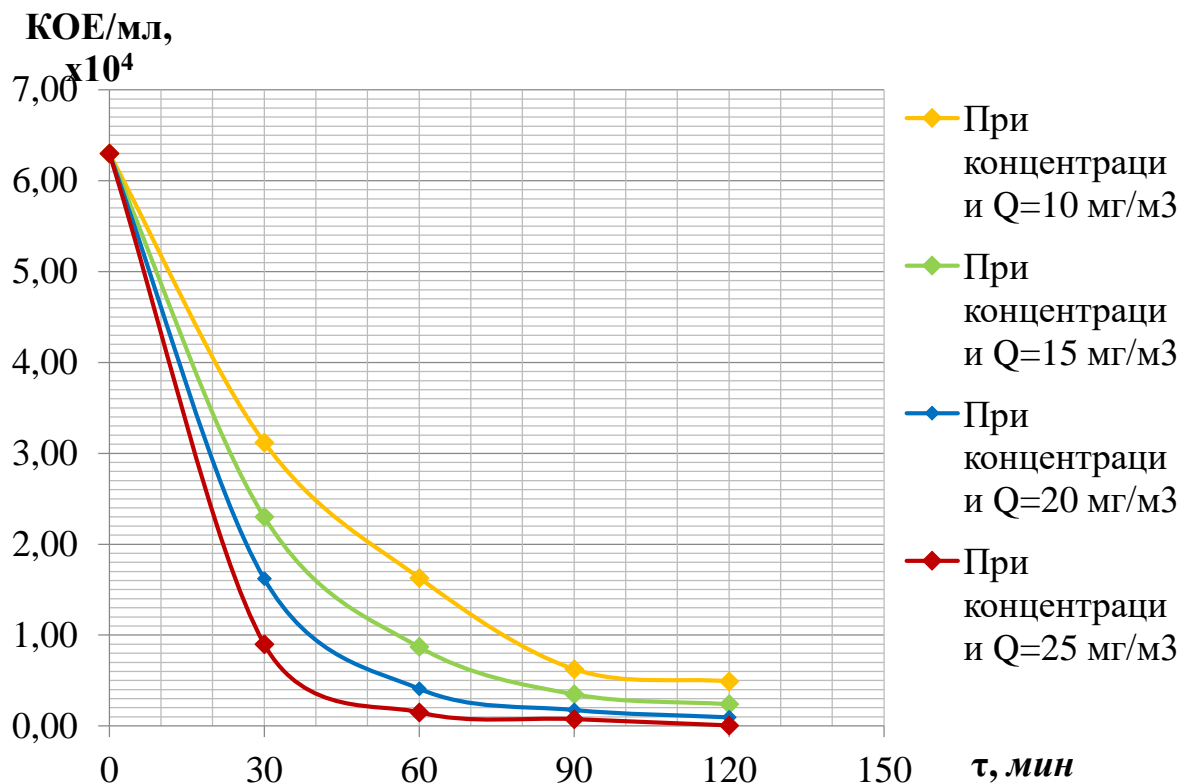


Рис 4.5 Снижение КМАФАНМ при различных концентрациях и времени обработки КОЕ/мл.

На рис 4.5 видно, как при различных концентрациях озонородной смеси снижается количество колониобразующих единиц на мл питательной среды. При одних и тех же времени обработки биореакторов, более высокие концентрации справляются с поставленной задачей эффективнее. Но при этом крутизна спада графика при более высоких концентрациях уменьшается с течением времени.

Далее необходимо провести статистическое исследование снижения обсемененности биореакторов при обработке озонородными смесями.

Согласно методологии планирования экспериментов, для проведения исследований была разработана специальная матрица, в которую систематически вносились значения независимых переменных по мере получения экспериментальных данных. Как отмечают различные авторы

[ссылка на источник], подобный подход позволяет обеспечить комплексный анализ всех параметров изучаемого процесса.

Необходимо обратить внимание на то, что матрица планирования эксперимента была структурирована особым образом - она охватывала весь спектр возможных комбинаций параметров обработки, что, по мнению многих исследователей, является важным условием для получения достоверных и репрезентативных результатов. Такой подход, согласно информации, из литературы по экспериментальным методам, обеспечивает максимальную информативность проводимого исследования при минимальном количестве опытов. Проанализировав различные подходы к планированию экспериментов, можно утверждать, что использованная в работе матрица соответствует современным требованиям научных исследований. Известным фактом является то, что подобные методы организации экспериментальных данных значительно повышают достоверность выводов и облегчают последующую обработку результатов.

Разработанная матрица позволяет не только фиксировать исходные параметры каждого эксперимента, но и оперативно вносить получаемые результаты, создавая таким образом целостную картину исследования. Как видно из представленной таблицы 4.1, в матрице были отражены как входные параметры обработки, так и соответствующие им выходные показатели эффективности.

Таблица 4.1 - Матрица планирования эксперимента КОЕ/мл

№ опыта	Время обработки, мин. (x ₁)	Концентрация озона, мг/м ³ (x ₂)	КОЕ/мл,(y) x10 ⁴
0	0	0	6,3000
1	30	10	3,1200
2	30	15	2,3000
3	30	20	1,6200
4	30	25	0,9000
1	60	10	1,6300
2	60	15	0,8700
3	60	20	0,4100
4	60	25	0,1500
1	90	10	0,6250
2	90	15	0,3500
3	90	20	0,1760
4	90	25	0,0750
1	120	10	0,4900
2	120	15	0,2400
3	120	20	0,0950
4	120	25	0,0058

Статистическая обработка научных данных, полученных в ходе исследования были подвергнуты комплексному анализу с использованием специализированного программного обеспечения Statistica. Как отмечают различные авторы, применение данного программного комплекса позволяет обеспечить высокую точность и достоверность аналитических выводов.

Необходимо обратить внимание на то, что для обработки экспериментальных данных был использован многофакторный дисперсионный анализ (ANOVA), который, по мнению многих исследователей, является наиболее подходящим методом при работе с многопараметрическими системами. Этот метод, согласно информации из литературы, позволяет не только оценить влияние отдельных факторов, но и выявить возможные взаимодействия между ними.

Следует особо подчеркнуть, что достоверность полученных результатов подтверждалась с помощью статистики Дарбина-Уотсона,

которая, как известно, является стандартным инструментом для проверки автокорреляции остатков в регрессионных моделях. Проанализировав различные источники, можно утверждать, что применение данного критерия обеспечивает надежную верификацию статистической значимости экспериментальных данных.

Известным фактом является то, что комбинация указанных методов анализа позволяет получить наиболее объективную оценку результатов исследования. Как видно из проведенного анализа, использованный методический подход обеспечил высокую степень достоверности всех полученных экспериментальных данных, что подтверждается соответствующими значениями статистических критериев.

Для анализа зависимой переменной y (КМАФАнМ, КОЕ/мл) построим гистограмму снижения обсемененности

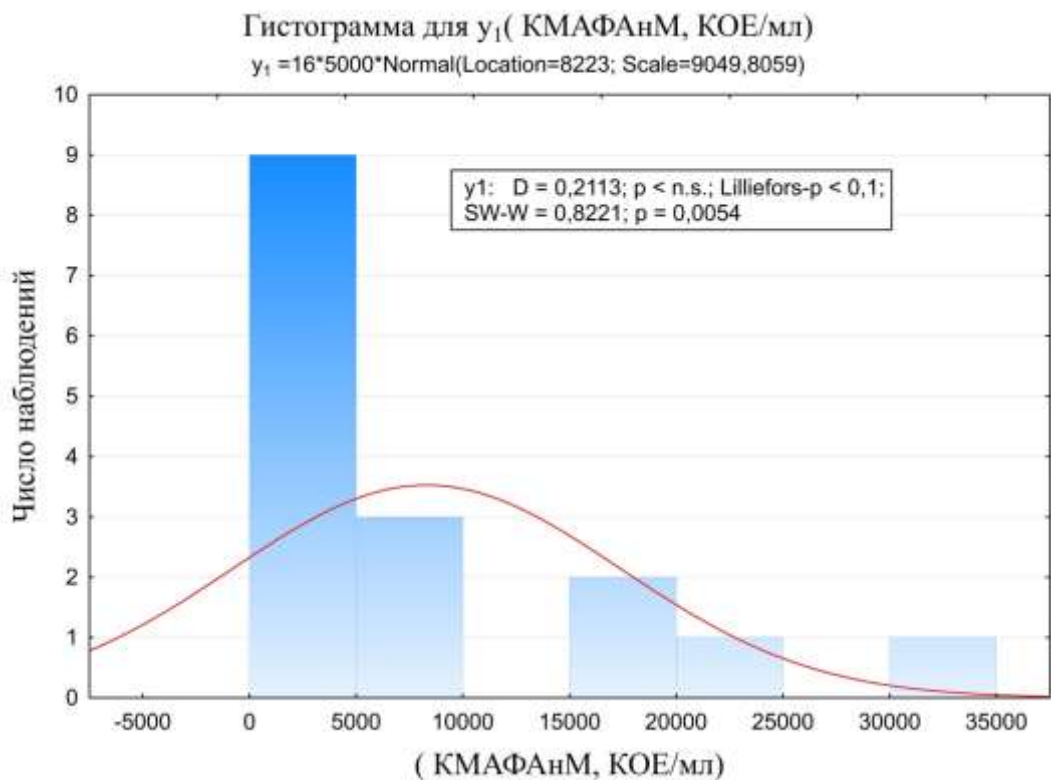


Рисунок 4.6 Гистограмма снижения обсемененности y_1 (КМАФАнМ, КОЕ/мл)

Анализ переменной y — КОЕ/мл, показывает, что данные при уровне значимости не более 0,1 подчиняются нормальному закону со средним

значением 8223 и средним квадратичным отклонением 9049,8059; максимальное значение 31200 и минимальным значением 58. Очевидно, что максимальное значение КОЕ/мл не соответствует правилу трех сигма, и скорее всего, является аномальным.

Для проверки построим диаграмму рассеивания

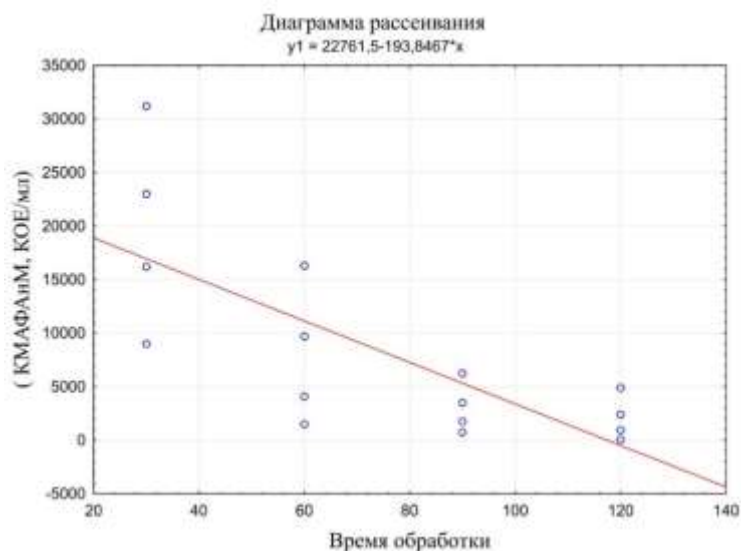


Рисунок 4.7 Диаграмма рассеивания

По диаграмме рассеивания (Рис 4.7) можно увидеть, что максимальные отклонения имеют место при малом времени обработки, что вероятно вызвано слабым влиянием озоновоздушной смеси на обсемененность.

Далее проведя корреляционный анализ, мы получили следующие результаты для КОЕ/мл (Таблица 4.2)

Таблица 4.2 Регрессионный анализ

N=16	Сводная таблица регрессионного анализа для зависимой переменной: y (КМАФАнМ, КОЕ/мл) $R = 0,99516464$ $R^2 = 0,99035266$ Скорректированный $R^2 = 0,98392110$ $F(6,9) = 153,98$					
	Beta	Std.Err. of Beta	B	Std.Err. of B	t(9)	p-level
			8,157895	0,611981	13,33031	0,000000
x ₁	-4,86468	0,935676	-0,126983	0,024424	-5,19911	0,000565
x ₂	-1,67042	0,268490	-0,261619	0,042051	-6,22153	0,000155
x ₁ * x ₂	1,15222	0,130140	0,001354	0,000153	8,85368	0,000010
x ₁ ²	5,07585	2,087049	0,000870	0,000358	2,43207	0,037854
x ₂ ²	0,52650	0,258317	0,002337	0,001147	2,03821	0,071974
x ₁ ³	-1,86965	1,193013	-0,000002	0,000002	-1,56716	0,151520

Таким образом, видно, что все случаи достоверных данных (где уровень значимости p-level выделен красным) имеют отрицательную корреляцию (уровень корреляции Пирсона), то есть была обнаружена статистически достоверная отрицательная зависимость таких факторов как концентрация, время обработки, а также совместное их влияние на фактор КОЕ/мл, то есть во всех случаях (достоверных данных) при увеличении значения концентрации или времени, будет снижаться КОЕ/мл.

Построим регрессионную модель. Построение и обработку данных осуществляем с помощью множественной линейной регрессии. В качестве зависимой переменной у нас выступает уровень дезинфекции КМАФАнМ, который выражается как КОЕ/мл при пяти повторностях эксперимента. В качестве факторов, влияющих на степень дезинфекции, выступают время обработки и концентрация.

Для начала построим корреляционную матрицу и общий обзор описательных статистик.

Таблица 4.3 Корреляционная матрица.

	Время, (x ₁)	Концентрация, (x ₂)	КОЕ/мл, (y)
Время, (x ₁)	1,00000		
Концентрация, (x ₂)	0,00000	1,00000	
КОЕ/мл, (y)	-0,73943	-0,49999	1,00000

По результатам статистического анализа было получено уравнение множественной регрессии, показывающее влияние исследуемых факторов x_1 и x_2 на независимую переменную y_1 КМАФАНМ:

$$y = 8,158 - 0,127 \cdot x_1 - 0,262 \cdot x_2 + 0,0014 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0,0009 \cdot x_1^2 + 0,0023 \cdot x_2^2 + 0,000002 \cdot x_1^3 \quad (4.1)$$

В результате проведенных исследований получена тесная взаимосвязь между исследуемыми факторами и независимой переменной y .

Согласно полученным экспериментальным данным, в ходе проведенного исследования была построена трехмерная регрессионная поверхность отклика (рисунок 4.8), наглядно демонстрирующая зависимость между ключевыми параметрами процесса. Подобная визуализация позволяет существенно упростить интерпретацию сложных многопараметрических зависимостей.

Как видно из рисунка 4.8, построенная поверхность отклика позволяет не только оценить степень влияния каждого фактора в отдельности, но и выявить возможные взаимодействия между параметрами обработки.

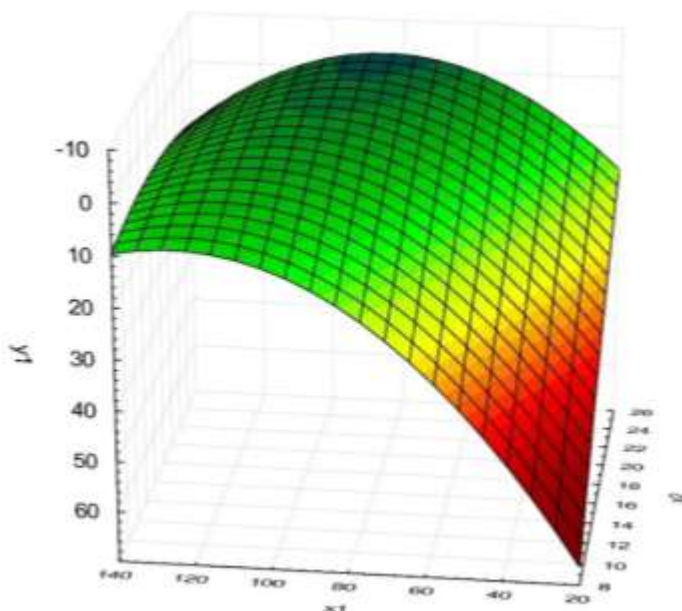


Рис. 4.8 Зависимость КМАФАНМ от времени и концентрации где: y - КОЕ/мл* 10^4 ; x_1 – время обработки; x_2 – концентрация.

На основании проведенного математического моделирования на рисунке 4.8 графически представлена регрессионная поверхность, отражающая зависимость уровня микробной обсемененности (КМАФАнМ, у) от двух ключевых параметров: времени обработки (x_1) и концентрации озона (x_2). Проведенный анализ визуализированных данных позволяет сделать ряд важных выводов.

Согласно полученным результатам, оптимальный бактерицидный эффект достигается при следующих параметрах обработки:

- концентрация озона от 20 мг/м³
- продолжительность воздействия от 70 до 120 минут

Как видно из представленных данных, указанный режим обеспечивает полную элиминацию микроорганизмов, снижая показатель обсемененности до 0 КОЕ/мл. Необходимо отметить, что данный результат подтверждает высокую эффективность озоновой обработки как метода стерилизации внутренних поверхностей биореактора.

Особого внимания заслуживает тот факт, что:

1. Применение озона в любых исследованных концентрациях и временных интервалах приводит к статистически значимому снижению количества жизнеспособных микроорганизмов

2. Бактерицидный эффект носит выраженную дозозависимую характеристику

3. Достижение полной стерильности возможно только в определенном диапазоне параметров

Практическая значимость исследования заключается в том, что установленные оптимальные параметры обработки могут быть рекомендованы для промышленного применения с целью:

- обеспечения стерильности биотехнологического оборудования
- стандартизации процедур дезинфекции

- минимизации временных и материальных затрат при сохранении высокой эффективности обработки

Таким образом, проведенное исследование не только подтвердило высокую эффективность озоновой обработки как метода дезинфекции, но и позволило установить количественные параметры, обеспечивающие достижение стерильности поверхностей биореактора.

Электротехнологический процесс дезинфекции биореактора:

Перед каждой загрузкой питательной среды аппарат промывается горячей водой, проверяется работа и герметичность оборудования. При соблюдении требований к герметичности аппарата и прилегающим коммуникациям начинается дезинфекция пустого аппарата.

Включается питание электроозонатора; достигаются, требуемые электрические режимы и в биореактор подается озоновоздушная смесь с заданными параметрами по трубопроводам через штуцера. Далее начинается загрузка стерильной питательной среды из емкости подпиток при помощи насоса. Механическое уплотнение биореактора дезинфицируется одновременно с питательной средой.

Затем биореактор выдерживается в течение 120 мин при $t=28^{\circ}\text{C}$ и концентрации озона $C=20\text{ мг/м}^3$.

По окончании интервала выдерживания происходит отключение питания электроозонатора и прекращается подача озоновоздушной смеси. Начинается подача воды через рубашку биореактора для поддержания температуры в биореакторе с 28°C , совместно с этим для компенсации давления через барботер подается стерильный сжатый воздух.

После 60 минут отстоя для разложения озона до безопасных концентраций $C=0,2\text{ мг/м}^3$ производится ввод посевной культуры через засевной лючок.

После засева посевной культуры в аппарате устанавливаются оптимальные для ферментации параметры.

Продолжительность биосинтеза при посеве из колбы составляет ~120 ч. По истечению этого срока готовая культуральная жидкость выгружается и передаётся на фильтрацию.

Алгоритм электротехнологического процесса дезинфекции биореактора



Рисунок 4.9 Алгоритм электротехнологического процесса дезинфекции биореактора

На основании проведенных исследований и экспериментов был разработан электроозонатор для работы в условиях высокой влажности биореактора (Рис 4.10)



Рис 4.10 Электроозонатор для работы в условиях высокой влажности

Выводы:

1. Получено уравнение регрессии для параметра КМАФАНМ:

$$y = 8,158 - 0,127 \cdot x_1 - 0,262 \cdot x_2 + 0,0014 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0,0009 \cdot x_1^2 + 0,0023 \cdot x_2^2 + 0,000002 \cdot x_1^3$$

4.2 Экономическая эффективность применения технологии.

По результатам внедрения технологии дезинфекции биореактора озоновоздушной смесью на агробιοтехнологическом производстве Биокомбинате ИП Исупова Е.В. станции Челбасская был произведен расчёт экономической эффективности этого метода.

Оценка экономической эффективности использования озоновоздушной смеси для снижения микробиологической обсеменённости в танках биореактора осуществлялась на основе действующих методических рекомендаций, отраслевых стандартов и нормативных документов [82, 83, 115]. При этом, согласно информации из литературы, в расчётах был учтён среднегодовой уровень инфляции, что позволило получить более точные финансовые показатели.

Основные критерии оценки эффективности

Следует отметить, что ключевыми факторами, определяющими экономическую целесообразность применения озоновоздушных смесей для дезинфекции биореакторов от культур предыдущего засева, являются:

- Снижение энергопотребления за счёт практически полного отказа от парогенераторов, которые используются в традиционной технологии;
- Сравнительный анализ двух вариантов:
 - I вариант – существующая технология с применением ТЭНов;
 - II вариант – инновационный метод с использованием озоновоздушной смеси;
- Годовой экономический эффект, выраженный в виде чистого дисконтированного дохода (ЧДД) [156].

Методика расчёта чистого дисконтированного дохода (ЧДД)

Проанализировав различные источники информации, можно утверждать, что ЧДД определяется как разность между совокупными поступлениями денежных средств и совокупными затратами за выбранный

временной период, приведёнными к начальному (нулевому) моменту времени. Альтернативно, ЧДД может быть рассчитан как разница между дисконтированными доходами и интегральными затратами [156].

$$\text{ЧДД} = \sum_{i=0}^T (P_t - I_{\text{от}}) \cdot \frac{1}{(1 + E_p)^t} - K_{\text{д}} \quad (4.3)$$

Или

$$\text{ЧДД} = -K_{\text{д}} + (P - I_{\text{э}}) \cdot K_{\text{сд}} \quad (4.4)$$

Пояснение переменных:

P_t – денежные поступления за период времени t , руб.; $I_{\text{от}}$ – эксплуатационные расходы за период t (без учёта капитальных вложений), руб.; T – расчётный период, лет; $K_{\text{д}}$ – капитальные вложения, руб.; $K_{\text{сд}}$ – поправочный коэффициент для капитальных затрат, рассчитываемый по формуле (4.5):

$$K_{\text{сд}} = \sum_{i=0}^T \frac{1}{(1 + E_p)^i} \quad (4.5)$$

где E_p – коэффициент дисконтирования, учитывающий инфляцию и реальную банковскую ставку за рассматриваемый период.

Расчёт коэффициента дисконтирования

Необходимо обратить внимание на то, что показатель E_p определяется с учётом уровня инфляции r и реальной банковской процентной ставки E (формула 4.6):

$$E_p = \frac{1 + E}{1 + r} - 1 \quad (4.6)$$

где r - показатель уровня инфляции за взятый период времени, %; E – реальная банковская процентная ставка за взятый период времени, %.

Известным фактом является то, что применение озоновоздушных смесей позволяет не только снизить энергозатраты, но и повысить экономическую эффективность производства за счёт уменьшения эксплуатационных расходов. По мнению многих авторов, данный метод является перспективным направлением в современных биотехнологических процессах.

Таким образом, используя вышеперечисленные формулы, можно рассчитать количество дисконтированных капитальных вложений:

$$K = \sum_{i=0}^T K_i \cdot \frac{1}{(1+E)^i} \quad (4.7)$$

где K_i - капитальные вложения, взятые за некий период времени t , руб.

Согласно имеющейся литературе, стоит рассмотреть такой показатель как реальный поток денег или cash flow (Φ_t), который позволяет определить, насколько эффективно используются средства; этот показатель определяет разницу в количестве средств, которое поступило (Π_t) и какое количество средств израсходовалось (O_t), за взятый период времени.

Для расчёта количества средств, израсходованных как капитальные вложения, с учётом отношения к единице продукции, принимается принятое оборудование: электроозонатор, предназначенный для дезинфекции биореактора от культур предыдущего засева, и может быть рассчитан по формуле [65]:

$$K_{np.yd} = \frac{K_6 + (M \cdot n) + (П \cdot n) + TЗ + C + ОП + ОХ}{W_{год}} \quad (4.8)$$

где K_6 – стоимость электроозонирующего оборудования для стерилизации реакторов-ферментеров от культур предыдущего засева, C учётом поправочного коэффициента K , который принимает во внимание количество

различных оценок, транспортных затрат, электромонтажных затрат, и, согласно справочной литературы, принимается равным 1,1; М – стоимость материалов и запчастей для изготовления электроозонирующего оборудования, руб.; П – стоимость в готовых инструментов и оборудования, руб.; ТЗ – количество затрат с учётом транспортно-заготовительных нужд, руб.; С – заработная плата сотрудников и мастеров, задействованных при изготовлении оборудования для дезинфекции танков биореактора, руб.; ОП – количество материальных средств, израсходованных на производственные нужды, руб.; ОХ – количество материальных средств, израсходованных на хозяйственные нужды, руб.; n - количество электроозонирующих устройств, шт.

Количество затрат с учётом транспортно-заготовительных нужд рассчитывается из соотношения рыночной натуральной цены приобретённых товаров и услуг в процентах:

$$TЗ = \frac{(M \cdot n + П \cdot n) \cdot \mu_{тр}}{100} \quad (4.9)$$

где ТЗ – количество затрат с учётом транспортно-заготовительных нужд, руб.; $\mu_{тр}$ – доля, выражающееся в процентах от количество затрат с учётом транспортно-заготовительных нужд (информация получена от представителей организации, и составляет 20 %).

Величина средств, израсходованных на заработную плату сотрудников и мастеров, задействованных при изготовлении оборудования для дезинфекции танков биореактора, согласно используемым методическим указаниям, определяется из соотношения:

$$C_з = OT_{тар} \cdot \alpha_n \cdot \alpha_{дон} \cdot \alpha_{отч} \quad (4.10)$$

где $OT_{тар}$ – величина заработной платы, согласно тарифной сетки, руб.; α_n – поправочный коэффициент, который позволяет учесть количество материальных затрат на премии, свыше нормы заработной платы, и,

классически принимается от 1,2 до 1,4; $\alpha_{доп}$ - поправочный коэффициент, который позволяет учесть количество материальных затрат, свыше нормы заработной платы, и, классически принимается от 1,12 до 1,16; $\alpha_{отч}$ - поправочный коэффициент, который позволяет учесть количество материальных затрат на страховые взносы, свыше нормы заработной платы, и в данном предприятии принимается 1,261.

Величина заработной платы, согласно тарифной сетки, которая изменяется в зависимости от сложности выполняемых работ, а также переработок и величине почасовой оплаты работника с соответствующем разрядом:

$$OT_{мар} = T_{ем} \cdot \tau_{час} \cdot n \quad (4.11)$$

где $T_{ем}$ - трудоемкость работ, при изготовлении оборудования для дезинфекции танков биореактора, чел. - ч.; $\tau_{час}$ – расходы за единицу времени труда работника с необходимым разрядом, руб.

Количество материальных средств, израсходованных на производственные нужды, согласно используемой литературы, будут определяться в процентном выражении от количество израсходованных средств на заработную плату, при изготовлении оборудования для дезинфекции танков биореактора:

$$ОП = \frac{OT_{мар} \cdot \mu_{он}}{100} \quad (4.12)$$

где $\mu_{он}$ – доля из расчёта количества затраченных средств на производственные нужды (информация получена от представителей организации, и составляет от 10 до 15%).

$$ОП = \frac{OT_{мар} \cdot \mu_{ох}}{100} \quad (4.13)$$

где μ_{ox} - доля из расчёта количества затраченных средств на хозяйственные нужды (информация получена от представителей организации, и составляет от 10 до 15%).

Количество затраченных средств на капитальные вложения для применяемой технологии обработки паром, с учётом применения её за одну единицу труд часа, и, согласно применяемой методике расчёта, будет определяться:

$$K_{\sigma.уд.} = \frac{Ц_{об} \cdot K}{W_{год}} \quad (4.14)$$

где $Ц_{об}$ – количество затраченных средств на приобретение оборудования для дезинфекции танков биореактора, руб.

Величина неучтенных затрат капиталовложений в применяемый технологии обработки паром в существующем виде будут определяться и следующие выражения, принятого нормативными документами:

$$K_{доп.уд}^I = K_{пр.уд} - K_{исх.уд} \quad (4.15)$$

где $K_{доп.уд}$ – величина неучтенных затрат капиталовложений, руб./т.

Величина неучтенных затрат капиталовложений в предлагаемый технологии дезинфекции танков биореактора озоновоздушной смесью будет определяться:

$$K_{доп.уд}^{II} = K_{пр.уд} \quad (4.16)$$

Затраченные средства, израсходованные на различные эксплуатационные нужды, с учётом одной единицы работы, будут определяться:

$$И_{э} = З + A + T_p + C_{с.х.} + C_{э} + П_p \quad (4.17)$$

где $З$ – количество средств, заложенные для выплаты заработной платы обслуживающему персоналу, с учётом всех дополнительных надбавок, руб./т;

А – количество средств, заложенных на различные амортизационные расходы, руб./т; Т_р – средства, заложенные на износ оборудования и его сервисный ремонт, руб./т; С_{с.х.} – средства затраченные на хозяйственные нужды, руб./т; С_э – средства затраченные на оплату счетов по израсходованной электроэнергии, руб./т; П_р – средства заложенные на другие прочие затраты, руб./т.

Количество средств, которые необходимо заложить организацией для выплаты заработных плат сотрудников будут определяться из следующего выражения:

$$З = \frac{(O \cdot t_{у.е.э.} \cdot \tau_{час.эл.} + T_{год} \cdot \tau_{час}) \cdot \alpha_n \cdot \alpha_{доп} \cdot \alpha_{отч}}{W_{год}} \quad (4.18)$$

где О – теоретический объём работ, который необходимо выполнить, у.е.э.; t_{у.е.э.} – расшифровка величины условных единиц в реальном выражении, Т_{год} – теоретическая трудоемкость работ, которые необходимо выполнить; τ_{час.эл.} – количество затраченного времени в человека часах по тарифной сетки сотрудника, имеющего соответствующий разряд по допуску к электрооборудованию, руб./чел час.; τ_{час} – количество затраченного времени в человека часах по тарифной сетки сотрудника, имеющего соответствующий разряд по трудовым навыкам, руб./чел ч; α_п – поправочный коэффициент, предназначены для учёта количество материальных средств, направленных на премирование работника и в данном случае определяется от 1,2 до 1,4; α_{доп} – поправочный коэффициент, предназначены для учёта количество материальных средств, направленных на сверхурочные расходы работника и в данном случае определяется от 1,12 до 1,16; α_{отч} – поправочный коэффициент, предназначены для учёта количество материальных средств, направленных на страховые взносы за работника и в данном случае определяется как 1,261.

Согласно применяемым методическим указаниям, величину затрат на амортизационные отчисления можно определить по следующей пропорции

$$A = \frac{K \cdot H_a}{100 \cdot W_{\text{год}}} \quad (4.19)$$

где K – сумма капитальных затрат на оборудование для дезинфекции танков биореактора озоновоздушной смесью, руб.; H_a – количество заложенных материальных средств организации амортизационных отчислений по инструментальному парку (информация получена от представителей организации, и находится на уровне 14,3%).

Средства, заложенные на износ оборудования и его сервисный ремонт, с учётом единицы продукции, можно определить по следующей пропорции:

$$T_p = \frac{K \cdot H_p}{100 \cdot W_{\text{год}}} \quad (4.20)$$

где H_p – количество усредненных и нормальных затрат не знаю взятый период, направленных на оплату износа оборудования и его сервисного ремонта (информация получена от представителей организации, и находится на уровне 16%).

Обработка биореактора при существующем варианте производилась при помощи парогенератора ($C_{x,p}^{\text{б}}$), а в предложенном варианте применялась обработка озоновоздушной смесью ($C_{x,p}^{\text{нп}}$). Сумма затрат для приготовления необходимой озоновоздушной смеси к одной единице работ (руб./т) могут быть определены по следующим формулам:

Расчёт энергетических и экономических показателей применения озоновоздушной смеси.

Определение затрат на электроэнергию. Согласно методическим рекомендациям, суммарные затраты на электроэнергию, потребляемую при генерации озоновоздушной смеси, могут быть рассчитаны по формуле (4.21):

$$C_э = \frac{P \cdot t \cdot Д \cdot T_э}{\eta \cdot W_{\text{год}}} \quad (4.21)$$

где P — потребляемая мощность установки, кВт; $D \cdot t$ — годовое количество рабочих часов установки, ч; T_3 — тарифная стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, руб.; η — коэффициент полезного действия установки.

Необходимо обратить внимание на то, что суммарная мощность электрооборудования учитывается с поправочным коэффициентом загрузки. Как показывают практические данные, средняя продолжительность одного цикла дезинфекции биореактора от культур предыдущего засева составляет 2 часа в неделю. Таким образом, годовое время эксплуатации установки для данной операции составит 104 часа.

Расчёт прочих удельных затрат. Проанализировав различные источники литературы, можно утверждать, что дополнительные эксплуатационные расходы определяются по выражению (4.22):

$$P_{y.o.} = (0,10 \div 0,15) \cdot (3 + A + T_p + C_{c.p.} + C_3) \quad (4.22)$$

Анализ экономической эффективности. Известным фактом является то, что применение озонозооной смеси существенно влияет на экономические показатели производства. Объём выручки от реализации продукции, произведённой по традиционной технологии (без использования озона), рассчитывается по формуле (4.23):

$$B_o^I = BП_{yp}^o \cdot S \cdot Ц \quad (4.23)$$

где $BП_{yp}^o$ - процент выхода готовой продукции; $Ц$ – рыночная стоимость одной тонны продукции, руб; S – общий объём перерабатываемого сырья, т.

В то же время, как отмечают различные методические пособия, при использовании озонозооной смеси для дезинфекции биореакторов формула для расчёта выручки принимает вид (4.24):

$$B_{np}^{II} = BП_{yp}^{np} \cdot S \cdot Ц \quad (4.24)$$

где $BП_{yp}^{np}$ - коэффициент выхода продукции при озонозооной технологии

Дополнительный экономический эффект. Следует подчеркнуть, что дополнительный экономический эффект от внедрения озоновой технологии может быть количественно оценён по зависимости (4.25):

$$\mathcal{E}_{\text{общ}}^{\text{II}} = \frac{B_{\text{np}}^{\text{II}} - B_{\text{б}}^{\text{I}}}{K_{\text{np}}} \quad (4.25)$$

Расчёт срока окупаемости. По мнению многих исследователей, ключевым показателем экономической эффективности является срок окупаемости капитальных вложений, который для рассматриваемой технологии определяется по формуле (4.26):

$$T_{\text{ок}}^{\text{II}} = \frac{K_{\text{доп.уд.}}^{\text{II}}}{\mathcal{E}_{\text{общ}}^{\text{II}}} \quad (4.26)$$

Проведённые расчёты наглядно продемонстрируют, что применение озоноздушной смеси для дезинфекции биореакторов позволяет не только улучшить качественные показатели продукции, но и достичь значительного экономического эффекта за счёт:

- сокращения энергопотребления;
- увеличения выхода готовой продукции;
- снижения эксплуатационных расходов.

Полученные результаты полностью согласуются с данными, приведёнными в современных научных публикациях по данной тематике.

Таблица 4.4 – Исходные данные для расчета экономической эффективности использования озонирующей установки для дезинфекции биореактора от культур предыдущего засева.

Показатели	Условные обозначения	Величина показателя
Количество установок, шт.	n	1
Затраты на материалы, тыс. руб	M	45
Затраты на покупные изделия, тыс. руб	П	18
Трудоемкость работ, чел.-ч.: электромонтера 5-го разряда	T_{em}	48
Часовая тарифная ставка, руб.: электромонтера 5-го разряда	$\tau_{час}$	150
Объем работ при обслуживании озонатора и установки для обеззараживания танков, чел.- ч.	$O_{пр}$	7,74
Количество продукции заложенной в биореактор, т	S	4
Выход стандартной продукции после окончания, %	$ВП_{ур}^{np}$	98
Выход стандартной продукции после окончания при использовании озонозодушной смеси в качестве протравителя, %	$ВП_{ур}^{\delta}$	98
Средняя цена реализации продукции за тонну, руб.	Ц	520000
Мощность проектируемой установки, Вт	P	400
Стоимость 1 кВт ч электроэнергии, руб.	$T_э$	5
Норма доходности (банковская кредитная ставка), %	E	5,5-11
Годовой уровень инфляции, %	r	3-15

Таблица 4.5 – Эффективность использования дезинфекции для дезинфекции биореактора от культур предыдущего засева

Показатели	Технология дезинфекции	
	принятая	предлагаемая
Прямые затраты в расчете на 1 т продукции, руб.:		
Затраты на электроэнергию, руб	25920	288
Прочие затраты	-	8377,22
Всего прямых эксплуатационных затрат на 1 т продукции, руб.	-	1284,51
Капитальные вложения, (инвестиции), руб.	-	45000
Капитальные вложения в расчете на 1 т продукции, руб.	-	11250
Средняя цена реализации 1 т продукции, руб.	520000	520000
Срок окупаемости капитальных вложений, г	-	1,9
ЧДД, руб./т	-	27000

Таблица 4.6 – Расчет чистого дисконтированного дохода за пять лет

Показатели	Годы					
	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Денежный поток за счет экономии электроэнергии, руб	25920	25920	25920	25920	25920	25920
Денежные расходы по электроэнергии, руб	45000	288	288	288	288	288
Ставка дисконтирования	-0,07	0	-0,25	0,38	1,5	1
Дисконтированный Денежный Поток	-20487	25632	60800	7158	262	400
ЧДД = 26 806 руб.						



Рисунок 4.11 - Приток реальных денежных средств при использовании предлагаемого оборудования за пять лет

Заключение

1. Сравнительный анализ технологий обеззараживания выявил высокую энергоемкость паровой дезинфекции биореакторов и подтвердил перспективность применения электроозонирования. Однако применение метода ограничено высокой влажностью обрабатываемой среды более 90%, что требует оптимизации конструкции разрядного блока.
2. Определено, что минимальное расстояние между электродами по поверхности диэлектрика, исключающее пробой при напряжении 15 кВ, составляет не менее 62 мм при влажности воздуха более 90%. Это обеспечивает устойчивую генерацию озона без дугового разряда.
3. Математические модели распределения напряженности поля показали, что при влажности более 90% и напряжении 15 кВ минимальное межэлектродное расстояние в воздушном зазоре должно составлять не менее 5 мм, а толщина диэлектрического барьера — не менее 3 мм. Это предотвращает пробой за счет учета соотношения диэлектрических проницаемостей стекла и воздуха.
4. Экспериментально определены оптимальные режимы дезинфекции: концентрация озона 20 мг/м³ и время экспозиции 90 – 120 минут обеспечивают снижение обсемененности биореакторов до уровня $K \leq 0,1\%$. Уравнение регрессии подтвердило значимость этих параметров для эффективного обеззараживания биореактора.
5. Разработанный процесс электроозонной дезинфекции биореактора характеризуется низкими энергозатратами (0,8 кВт·ч), что в 90 раз меньше, чем при использовании паровой стерилизации (72 кВт·ч), при сохранении эффективности биотехнологического процесса.
6. Экономическая оценка доказала рентабельность технологии: чистый дисконтированный доход составляет 27 тыс. руб./год на тонну продукции за счет сокращения энергопотребления и сохранения качества биомассы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Александров А. Б. К вопросу взаимосвязи электрических и магнитных полей в электрическом колебательном контуре / Александров Б. Л., Курзин Н. Н. // Труды Кубанского государственного аграрного университета – 2012. – № 36. – С. 309- 312.
2. Алиев З.Г. Структура и механизм разряда, и процессы образования озона в озонаторах: / З.Г. Алиев, Ю.М. Емельянов, В.Г. Бабаян // Изв. АН СССР Неор. Химия. - 1967. -№11.- С. 2940-2942.
3. Андреев, С.А. Энергосберегающее управление влажностью воздуха на объектах АПК / С.А. Андреев, Ю.А. Судник, И.В Белоусова. // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. — 2010. — № 2(41). — С. 7–12
4. Болога М.К. Электроантисептирование в пищевой промышленности / М.К. Болога, Г.А. Латинский, под ред. И.А. Рогова. // научное издание - Кишинев: Штиинца, 1989. - 181 с.
5. Бабакин Б.С. Электротехнология в холодильной промышленности / Б.С. Бабакин // монография - М.: Агропромиздат, 1990. - 208 с.
6. Багиров М.А. Исследование электрического разряда в воздухе между электродами, покрытыми диэлектриками / М.А. Багиров, М.А. Курбанов А.В. Шкилев // Журнал техн. физики. - 1971. - т.41. - вып. 6. - С. 1287-1291.
7. Басов А. М. Вопросы дозирования при стимуляции семян физическими воздействиями / А. М. Басов, Э. А. Камер, Б. В. Фаин // Вестник с.- х. науки.- 1981.-№6.-С. 106-116.
8. Бекер М.Е. Биотехнология /Лиепиньш Г.К., Райпулис Е.П.// Агропромиздат. — 1990 г.
9. Бегдай С.Н. Анализ эффективности микроклимата помещения. [Текст] / С.Н. Бегдай, К.А. Гарькавый // Энергосбережение и водоподготовка. 2006.№ 6. С 76 – 77.

10. Блонская А.Л. Влияние элекгического поля на биопотенциал, в проростках и растениях пшеницы в начальный период фотосинтеза / А. П. Блонская, В.А. Окулова // Тр. Челяб. ин-т механизации и электрификации сел. хоз-ва , 1976. - Вып 109.- С. 84-87.
11. Блонская АЛ. К вопросу механизма воздействия электрического поля на семена / А.П. Блонская, В.А. Окулова // Науч. тр. ЧИМЭСХ, 1977 – Вып. 121.-С. 32-35.
12. Блузманс П.И. Перспективы использования в сельском хозяйстве витаминов группы В / П.И. Блузманс // Научи, тр. Воронежского СХИ .- 1983.- Т.9.-С. 54-55.
13. Богдан А.В. Анализ конструкций озонаторов/ А.В. Богдан, И.А. Заболотная, Р.С. Шхалахов// межвузовская научная конференция «Энергосберегающие технологии и процессы в АПК: материалы / КубГАУ. – Краснодар, 2003. – С. 34-36
14. Болтрик О.П. Параметры и режимы работы электроактиватора для предпосевной обработки семян зерновых культур: автореф. дис. ... канд. техн. наук. - АЧГАА. - Зерноград, 1999. - 21 с.
15. Бородин И.Ф. Электроозонирование воздушной среды в животноводстве / И.Ф. Бородин, Н.В. Ксенз, Т.П. Шубина // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1995. - №7. - С. 18-21.
16. Бородин И. Ф. Использование электроозонированного воздуха в сельскохозяйственном производстве / Бородин И. Ф., Ксенз Н. В.// Техника в сельском хозяйстве. – 1993. – № 3. – С. 13-14.
17. Бородин И.Ф., Сторчевой В.Ф. Как очистить воздух // Сельский механизатор. 1998. № 6. С. 32.
18. Бородин И.Ф. Электроозонные технологии в сельскохозяйственном производстве / И.Ф. Бородин, Д.А. Нормов // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2009. – № 1. – С. 85–86.

19. Бутько Н.П. Исследование процесса ионизации и озонирования воздушной среды в картофелехранилищах: дис. ... канд. техн. наук / Н.П. Бутько; УСА. - Киев, 1982. - 152 с.
20. Булатов Н.К. Термодинамика необратимых физико-химических процессов / Н.К. Булатов, А.Б. Лундин. - М.: Химия, 1984. - 334 с.
21. Бутенко В.А. Техника высоких напряжений: учебное пособие / В.А. Бутенко, Ф.В. Кузнецов, Ю.И. и др. Томск: Изд-во ТПУ, 2008. - 118 с.
22. Вербицкая С.В. Предпосевная обработка семян фасоли магнитным полем и озоном: дис. ... канд. техн. наук. / С.В. Вербицкая; КубГАУ. - Краснодар, 2001. - 133 с.
23. Вигдорович В.Н. Проблемы озонирования и озонирования и создание озонаторов второго поколения / В.Н. Вигдорович, Ю.А. Исправников, Э.А. Нижаде-Гавиани. - М.: Шатура, 1994. - 112 с.
24. Влияние магнитного поля на синтез ДНК в цитоплазме меристемы корня *Vicia faba* / Рашкова С., Тодоров С., Мартинова И., Кънчева Л. // Год., Софийск. Университет. Биолог. Ф-т. -1982.- №4.-С.59-68
25. Возмилов А.Г. Выделение озона двухзонным электрофильтром / А.Г. Возмилов // «Некоторые вопросы механизации и электрификации сельскохозяйственного производства»: сб. науч. тр. / ЧИМЭСХ. – Челябинск, 1978. - С. 134-139.
26. Волошин А.П. Результаты экспериментальных исследований модернизированной конструкции разрядного устройства пластинчатого типа / А.П. Волошин, А.С. Лытнев // Сборник трудов VI Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы энергетики АПК». – Саратов ООО «Центр социальных агроинноваций СГАУ» 2015. с. 30-32.
27. Газалов В.С. Анализ смачивающей способности электроактивированного раствора / В.С. Газалов // «Электротехнологии и электрооборудование в сельскохозяйственном производстве»: сб. науч. тр. / АЧГАА. - Зерноград, 2002. - С. 31-33.

28. Галеева Д.В. Расчет начальных и разрядных напряжений газовых промежутков / Д.В. Галеева, М.В. Соколова. - М.: Энергия, 1977. - 200 с.
29. Гольдман Р. Б. Возможные варианты решения проблемы размещения объектов возобновляемых источников энергии на территории Краснодарского края / Гольдман Р. Б., Амерханов Р. А., Антонов В. И., Армаганян Э. Г., Дворный В. В. // Энергосбережение и водоподготовка. 2019. – № 6 (122). – С. 12-17.
30. Гольдман Р. Б. Комплексная оценка посевных качеств семян / Гольдман Р. Б. // Технические и технологические системы : мат. V Междунар. науч.-практ. конф. – Краснодар, 2013. – С. 72–74.
31. Гольдман Р. Б. Применение планирования для двухфакторного эксперимента // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: Сборник статей по материалам 71-й научно-практической конференции преподавателей по итогам НИР за 2015 год. Ответственный за выпуск А. Г. Кощяев. – Краснодар : Издательство: ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет», 2016. – С. 448-449.
32. Демьянников А.И. Оптимизация кинетической схемы модели синтеза озона в кислороде / А.И. Демьянников, А.А. Дементьев // Журнал физической химии. - 1994. - Т. 30. - вып. 11. - С. 578-584.
33. Денисенко Е.А. Разработка электротехнологии для дезинфекции растительных субстратов и кормов с помощью озонозооной смеси / Е.А. Денисенко, А.А. Шевченко, Е.А. Сапрунова / сборник науч. тр. «Физико-технические проблемы создания новых технологий в агропромышленном комплексе». – Краснодар: КубГАУ. - 2013. с. 43-44.
34. Денисенко Е.А. Дезинфекция субстратов озонозооной смесью перед приготовлением биопрепаратов / Денисенко Е.А., Шевченко А.А.// Научное обозрение. – Саратов: ООО «АПЕКС-94», 2013. - №1. –С. 102-107.

35. Дмитриев А.В., Шомов А.Н. Применение токов повышенной частоты в газоразрядной химии / А.В. Дмитриев, А.Н. Шомов // «Труды ВНИИТВЧ»: сб. науч. тр./ ВНИИТВЧ. – Воронеж, 1956. - с. 136-142.
36. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: учебник / Б.А. Доспехов. - М.: Агропромиздат, 1985. - 351 с.
37. Елецкий А.В. Газовый разряд / А.В. Елецкий. - М.: Знание, 1981. - 630 с.
38. Емельянов Ю.М. Структура и механизм разряда процесса образования озона в озонаторах / Ю.М. Емельянов, В.Г. Бабаян, З.И. Аршулы // Журнал физической химии. - 1968. -Т. 42. - вып. 11. - С. 2936-2939.
39. Емельянов Ю.М. Электрическая теория озонаторов / Ю.М. Емельянов, Ю.В. Филиппов // Журнал физической химии. - 1959. - Т. 33. - вып. 5. - С. 1042-1046.
40. Емельянов Ю.М. Электросинтез озона / Ю.М. Емельянов, Ю.В. Филиппов // Журнал физической химии. - 1962. - Т. 33. - вып. 9. - С. 2263-2267.
41. Емелин А.В., Вельмисев В.С., Калюта М.А Проблемы качества электроэнергии в современном производстве. В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК Материалы X национальной научно-практической конференции с международным участием. Под общ. ред. Трушкина В.А. 2019. С. 88-89.
42. Еремин Е.И. Элементы газовой электрохимии / Е.И. Еремин. - М.: Изд-во МГУ, 1968. - 212 с.
43. Жадан В.З. Влагообмен в плодовоовощехранилищах / В.З. Жадан // уч. пособ. - М.: Агропромиздат, 1985. – 123с.
44. Жидаческий Л.И. Предпосевное облучение семян с.-х. культур в градиентном магнитном поле. / Л.И. Жидаческий, В.Г. Ботнарюк // Всесоюз. научн. конф. «Применение низкоэнергетических физических факторов в биологии и сельском хозяйстве»: тез. // КСХИ. - Киров, 1989. - С. 102-104.

45. Зелепухин В.Д. Дегазированная вода как основной стимулятор роста растений / В.Д. Зелепухин // Вестник с.-х. наук Казахстана. - 1975. - №5. - С. 28-32.
46. Ильина Е.А. Озонирование камер при хранении пищевых продуктов. / Е.А. Ильина, В.В. Коваль, Р.А. Козлова и др.// Холодильная техника. - 1979. - №8. - С. 56-57
47. К проблеме лазерного облучения семян / Ш. А. Безверхний, В. Т. Зарубайло, Ю. В. Кочетов // Вест. с.-х. науки. - 1982. -№1.-С. 69-72.
48. Калашников С.Г. Электрчество: учебник / С.Г. Калашников. - М.: 1964. - 668 с.
49. Калинина В.П. Математическая статистика: учебник / В.П. Калинина, В.Ф. Панкин. - М.: Высш. шк., 1994. - 336 с.
50. Капцов Н.М. Коронный разряд: уч. пособие / Н.М. Капцов. - М.: Гостехиздат, 1947. – 272 с.
51. Кирко И.М. Выбор электродинамической схемы и оптимальных параметров барьерного озонатора. // Физические проблемы технологии. -Пермь ,1999. -№2. -С.34-38.
52. Кирко И.М. Математическая модель барьерного электрического озонатора в гидродинамическом приближении / И.М. Кирко, В.А. Кузнецов // «Физические проблемы технологии»: сб. науч. тр. – ПГТУ. - Пермь, 1999. - №2. - С. 25-31.
53. Клюка В.И. Опыт применения градиентного магнитного поля для предпосевной обработки семян сои / В.И. Клюка // «Труды КубГАУ»: сб. науч. тр.// КубГАУ. - Краснодар, 1995. - Вып. 344. - С. 80-87.
54. Кожевникова Н.Ф. Обоснование и исследование процесса предпосевной обработки семян в электрическом поле переменного тока / Н.Ф. Кожевникова // Механизация и электрификация сел. хоз-ва. - 1971.-III- С. 22-25.

55. Комплексная программа развития биотехнологий в Российской Федерации на период до 2020 года, утверждена 24 апреля 2012 г. №1853п-П8
56. Кривошипин И.П. Озон в промышленном птицеводстве / И.П. Кривошипин. - М.: Россельхозиздат, 1979. - 96 с.
57. Ксенз Н.В. Интенсификация технологических процессов электроактивацией взаимодействующих сред// Механизация и электрификация сельского хозяйства-1996. -№ 5. -С. 8-9.
58. Ксенз Н.В. Использование электроозонированного воздуха в сельскохозяйственном производстве / Н.В. Ксенз., И.Ф.Бородин // Техника в сел. хоз.-ве.-1993.-№3.-С. 13-14.
59. Ксенз Н.В. Исследование процесса генерирования озона при коронном разряде / Н.В. Ксенз, О.В. Рудик // «Механизация и электрификация производственных процессов в животноводстве»: сб. научных трудов // ВНИПТИМЭСХ. – зерноград, 1969. - С. 115-119.
60. Ксенз Н.В. Магнитное поле и водопоглощающая способность семян / Н.В. Ксенз, В.Н. Полуниин, С.В. Щербаев // АЧГАА. - зерноград, 1998. - 18 с.
61. Ксенз Н.В. Обоснование систем вентиляции животноводческих помещений с применением коронного разряда / Н.В. Ксенз, О.Б. Ковтун // «Механизация и электрификация производственных процессов в животноводстве»: сб. науч. тр. / ВНИПТИМЭСХ. – зерноград, 1986 - 162 с.
62. Ксенз Н.В. Оптимизация коронных озонаторов / Н.В. Ксенз // сб. науч. тр. - ВНИПТИМЭСХ. – зерноград, 1987.- 164 с.
63. Ксенз Н.В. Предпосевная обработка семян с.х. культур электроактивированной водой / Н.В. Ксенз, М.Н. Симонов, Е.Н. Симонова // АЧГАА. - зерноград, 1998.- 6 с. - деп. в ВИНТИ 22.06.98.

64. Ксенз Н.В. Электроозонирование воздушной среды животноводческих помещений: метод. рекомендации / Н.В. Ксенз // ВНИПТИМЭСХ. - зерноград, 1991.- 171 с.
65. Колодязная В.С. Применение озона при холодильном хранении продуктов животного происхождения / В.С. Колодязная // Автореф. дис. ... канд. техн. наук. - Л., 1975. - 22 с.
66. Кривопишин И.П. Озон в промышленном производстве / И.П. Кривопишин // науч. изд. - М.: Россельхозиздат, 1979. - 96 с.
67. Колесник А.А. О положительном опыте длительного хранения свежих яблок, плодов и винограда / А.А. Колесник, С.Н. Бруев. - М.: Колос, 1979. - С. 200-210.
68. Кудряков А. Г. Теоретический и практический аспекты повышения надежности кабельных линий электропередачи / Кудряков А. Г., Сазыкин В. Г., Нетребко С. А. // Актуальные вопросы технических наук: Теоретический и практический аспекты. – Уфа: Аэтерна. – 2014. – С. 127–154.
69. Кудряков А. Г., Винников А. В., Гранкина Н. А., Турчанин О. С., Электротехнические материалы: учеб, пособие. КубГАУ, Краснодар, 2016. 311 с.
70. Курзин Н.Н., Нормов Д.А., Пожидаев Д.В. Баланс поглощения озона при детоксикации зерна. Информационно-управляющие системы в АПК. Мат. Международного научно-практического семинара, посвященного 90-летию профессора В.Т. Сергованцева 25 июня 2012 г. Москва: МГАУ им. В.П. Горячкина 2012.- С. 39-41.
71. Курзин Н. Н., Богатырев Н. И., Вронский О. В., Зайцев Е. А., Темников В. Н. Индукционный проточный нагреватель // Патент РФ № 2136123, 11.12.1997.
72. Курзин Н.Н. Моделирование электроимпульсного воздействия при профилактике и лечении мастита / Н.Н. Курзин, Л.А. Дайбова //

- Механизация и электрификация сельского хозяйства. – № 5. – 2003. – С 14-22.
73. Курзин Н.Н., Сулейманов А.Э., Рожков Е.А. Перспективы применения современных электротехнологий в АПК Краснодарского края. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. №106(02). С. 883-902.
74. Леб Л. Основные процессы электрических разрядов в газах / Перевод с англ. - под редакцией Н.А. Капцова. - М.-Л.: Гостехиздат, 1950. – 672 с.
75. Леб Л. Статическая электризация / Л. Леб. - М.: Госэнергоиздат, 1963.- 405с.
76. Лунин В.В. Физическая химия озона / В.В. Лунин, М.П. Попович, С.Н. Ткаченко. - М.: Изд-во МГУ, 1998. – 480 с.
77. Лучкин С.П. Озонирование воздушной среды животноводческих помещений в целях их санации / С.П. Лучкин // «Механизация и электрификация производственных процессов в животноводстве»: сб. науч. тр. / ВНИПТИМЭСХ. – зерноград, 1986. - с. 69-76.
78. Лучкин С.П. Расчет выхода озона при коронном разряде / С.П. Лучкин // «Механизация и электрификация производственных процессов в животноводстве»: сб. науч. тр. / ВНИПТИМЭСХ. – зерноград, 1987. – 164с.
79. Лысов В.Н. Просо / В.Н. Лысов. - Л.: Колос, 1968. – 244 с.
80. Матвеев Н.А. Промышленное производство озона и типы озонаторных установок / Н.А. Матвеев. – Минск. – Будивельник, 1965. - С. 19-27.
81. Матус В.К. Структурно-модифицирующее воздействие озона на плазматические мембраны / В.К. Матус, А.М. Мельникова, Н.М. Окунь // «Вести Академии Наук Белорусской ССР»: сб. науч. тр./ АН БССР. – Минск, 1980. - №1. - С. 258-261.
82. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники. - М.: Минсельхозпром России, 1998. – 220 с.

83. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования. – М.: Информэлектро, 1994. - 141 с.
84. Мониторинг и прогнозирование научно-технологического развития АПК России на период до 2030 года / Под общей ред. И.Л. Воротникова // ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ. – Саратов, 2020. – 328 с.
85. Невский С.Е. Влияние индуктивности источника питания на электрические характеристики озонатора / С.Е. Невский // Электр. техника и электр. энергетика. - 1978. - №2. - С. 60-62.
86. Новожилов К. В. Совершенствование ассортимента протравителей / К. В. Новожилов, С. Л. Тютюрев // Защита растений.- 1984.- №2. - С. 29 - 31.
87. Нормов Д.А. Генератор озона / Д.А. Нормов, А.А. Шевченко, А.В. Квитко, Е.А. Попов, Е.А. Федоренко / патент на изобретение РФ №2331577, 2007.
88. Нормов Д.А. Распределение озоновоздушной смеси в слое зерна /Д.А. Нормов, А.А. Шевченко/ Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – Краснодар: КубГАУ, 2014. № 101. - С. 1897-1907.
89. Нормов Д.А. Источник питания электроозонатора / Д.А. Нормов, Е.А. Федоренко // «Промышленная энергетика»: Научно-производственный журнал. №5 2009г. с. 29-31
90. Нормов Д.А. Разработка и исследование электроозонатора для повышения эффективности использования природного газа в котельных АПК: дис. ... канд. техн. наук/ Д.А. Нормов; КубГАУ. - Краснодар, 1997. - 148 с.
91. Овсянников Д.А. Технология стимуляции электроозонированием весеннего развития пчелиных семей: дис. канд. техн. наук/ Д.А. Овсянников; КубГАУ. - Краснодар, 2004. - 152 с.

92. Пат. 1188408 Япония, МКИ⁴ С01 В13/11. Озонатор /Кавасаки Тамаки, Баба Сейдзи. - № 63-9737; заявл. 21.01.88; опубл. 27.07.89, Кокай токкё кохо. сер. 3(1). - 5 с.
93. Пат. 2135407 Российская Федерация, МКИ⁴ А61L 9/015. Генератор озона / Пичугина Л.Ю. Пичугин Ю.П. - № 98115710/25; заявл. 21.05.92; опубл. 20.01.95, Бюл. №12. - 3 с.
94. Пат. 2198136 Российская Федерация, МПК С01 В13/11 Озонатор / В.К. Андрейчук, Д.А. Нормов, С.В. Вербицкая, А.А. Шевченко, Д.А. Овсянников, В.В. Лисицин / заявитель и патентообладатель КубГАУ. - №2001129272/09, заявл. 30.10.01; опубл. 10.02.03, Бюл. № 26. – 3 с.
95. Пат. 2248111 Российская Федерация, МПК А01 С1/00 Способ предпосевной обработки с.х. культур / Д.А. Нормов, С.В. Оськин, А.А. Шевченко, Е.А Сапрунова / заявитель и патентообладатель КубГАУ. - №2003123158/13; заявл. 22.07.03, опубл. 20.03.05, Бюл. № 23. – 3 с.
96. Пат. 2253608 Российская Федерация, МПК С01 В13/11 Озонатор / Д.А. Нормов, А.В. Снитко, А.А. Шевченко, А.А. Петухов, Т.А. Нормова; заявитель и патентообладатель КубГАУ. - №2004111058 заявл. 12.04.04; опубл. 10.06.05. Бюл. №21. - 3 с.
97. Пат. 2331577 Российская Федерация, МПК С01 В13/11 Генератор озона / Нормов Д.А., Федоренко Е.А., Шевченко А.А., Квитко А.В., Попов Е.А.; заявитель и патентообладатель КубГАУ. - №2007107567 заявл. 08.08.06; опубл. 10.02.08. Бюл. № 23. - 3 с.
98. Пат. 2179151 Российская Федерация, МПК С01 В13/11 Электроразрядный термоадаптивный элемент озонатора / Д.А. Нормов, В.К. Андрейчук, Р.С. Шхалахов, В.А. Драгин, Т.А. Нормова; заявитель и патентообладатель КубГАУ. - №2000107683 заявл. 28.03.00; опубл. 10.02.02. Бюл. № 12. - 4 с.
99. Пат. 6433003 Япония, МКИ⁴ С01 В13/11. Озонатор /Масатоки Йосимбуми, Мацусита рейки. - № 62-186251; заявл. 24.07.87; опубл. 02.02.89, Кокай токкё кохо. сер. 3(1). - 3 с.

100. Пат. 6451304 Япония, МКИ⁴ С01 В 13/11. Озонатор / Бабе Сейдзи, Симон К.К. - № 62-205067; заявл. 20.08.87; опубл. 27.02.89, Кокай токкё кохо. сер. 3(1). - 7 с.
101. Постановление Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. N 328 "Об утверждении государственной программы Российской Федерации "Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности".
102. Предпосевное обогащение семян озимой пшеницы физиологически активным экстрактом / Г. Ф. Наумов, Л. Е. Закревская, В. К. Пузик и др. // Зерновое хозяйство. - 1983. - № 3. - С. 14- 15.
103. Пшежецкий С.Я. Рациональные физико-химические процессы в воздушной среде / С.Я. Пшежецкий, М.Г. Дмитриев. -. М.: Атомиздат, 1978. - 65 с.
104. Распоряжение Правительства РФ от 2 октября 2014 г. N 1948-р «Об утверждении плана мероприятий по содействию импортозамещению в сельском хозяйстве».
105. Распоряжение главы администрации (губернатора) Краснодарского края от 29 декабря 2016 года N° 446-р "Об утверждении плана разработки Стратегии социально-экономического развития Краснодарского края на долгосрочный период"
106. Разумовский С.Д. Озон и его реакции с органическими соединениями / С.Д. Разумовский, Г.Е. Зайков - М.: Наука, 1974 - 322 с.
107. Резчиков В.Г. Воздействие озона на биологические объекты / В.Г. Резчиков // «Молодые исследователи сельскохозяйственной науки»: сб. науч. тр. / ЧГАУ. - Челябинск, 1997.- С. 12-14.
108. Роберте Д.А. Основы защиты растений / Д.А. Роберте; Пер. с англ. А.С. Саломе; Под ред. Ю. П. Фадеева. - М.: Колос, 1981. - 254 с.
109. Романова С. Развитие биотехнологий в России // Ремедиум. 2012. №7. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-biotehnologiy-v-rossii>
110. Рот А. Вакуумные уплотнения. Пер. с англ. М.: Энергия. 1971 — 584 с.

111. Савенко А.В. Аналитическое определение коэффициентов несимметрии напряжения сети по нулевой и обратной последовательностям // Изв. вузов. Электромеханика. 2006. № 2. С. 79 – 80.
112. Савенко, А.В. Аппаратные средства определения относительного отклонения напряжения и коэффициентов несимметрии по нулевой и обратной последовательности на предприятиях АПК / А.В. Савенко, А.В. Емелин, М.В. Удалий // Научный журнал КубГАУ — 2015. — №111.
113. Савенко А.В. Емелин А.В. Математическое моделирование системы электроснабжения и электропотребления предприятия АПК при проведении на нем экспресс-энергоаудита // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. Труды 6-й Международной конференции (13-14 мая 2008 года, г. Москва, ГНУ ВИЭСХ). В 5-ти частях. Ч. 1. Проблемы энергообеспечения и энергосбережения. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2008. – С.196-199.
114. Савенко А.В. Тропин В.В. Емелин А.В. Фильтр напряжения обратной последовательности. Патент РФ на изобретение №2353943 Приоритет изобретения 17.03.2008 Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений РФ 27.04.09.
115. Савин В.Н. Действие ионизирующего излучения на целостный растительный организм / В.Н. Савин. - М.: Атомиздат, 1981. - С. 57-64.
116. Самойлович В.Г., Гибалов В.И., Козлов К.В.: МГУ. Физическая химия барьерного разряда. 1989.- 176с.
117. Самойлович В.Г., Попович М.П., Емельянов Ю.М., Филиппов Ю.В. Напряжение горения в кислородно-озонных смесях/ Журнал физической химии.-1966.- Т.40, Вып.3.- С.531-535.
118. Самойлович В.Г., Филиппов Ю.В. Влияние частоты на электрические характеристики озонаторов// Журнал физической химии. - 1961.-Т. 33, Вып.1, с.201-205.
119. Симонов Н.М. Результаты полевых испытаний агрегата для обработки

подсолнечника УФ-лучами в стадии развития до двух пар листьев / Н. М. Симонов, И. И. Дадяк // Совершенствование технологических процессов, машин и аппаратов в инженерной сфере АПК: Материалы науч. Конф.-Зерноград. -1999.-Вып. 1-С. 88-89.

120.

121. Смиган В.В. Обработка сахарной свеклы электроактивированной жидкостью/ В.В. Смиган, Б.Ф. Зайгинов// Сахарная промышленность. – 1987, № 3 – С.44-47.

122. Соколова М.В. Влияние рода газа на образование озона и на характеристики разряда в промежутке с диэлектриком / М.В. Соколова, В.Г. Артамонов / МЭИ. - М.: Изд-во. МЭИ, 1978. - Вып. 358 - с. 33-36.

123. Соколова М.В. Оптимизация образования озона в электрическом разряде / М.В. Соколова // «Сер. энергетика и транспорт»: изв. Ан СССР. – Москва, 1983. - №6. - С. 99-105.

124. Соколова М.В., Артамонов В.Г. Исследование влияния характеристик диэлектрика на выход озона в озонаторе// Электр, техника и электр. энергетика, 1978.- №5.- С. 96-100.

125. Соколова М.В., Галевко Д.В. Расчет начальных и разрядных напряжений / М.В. Соколова, Д.В. Галевко // Электр. техника и электр. энергетика. - 1978. - №2. - С. 92-96.

126. Старик Д.Э. Как рассчитать эффективность инвестиций/ Д.Э. Старик. – М.: Финстатинформ, 1996. - С. 93.

127. Стародубцева Г.П. Использование физических факторов для борьбы с болезнями сельскохозяйственных культур / Г.П. Стародубцева, Т.В. Подарева // Современные достижения биотехнологии - вклад в науку и практику XXI века: Материалы Всерос. конф. - Ставрополь, 1999. - С. 39.

128. Стародубцева Г.П. Характеристики магнитных полей, используемых для предпосевной обработки семян и вопросы общей терминологии / Г. П. Стародубцева, Р. В. Крон, Г. М. Федорищенко // Вузовская наука - Севере

- Кавказскому региону: Тез. докл. Региональной науч. - техн. конф. - Ставрополь. 1997.-С. 17-18.
129. Сторчевой В.Ф. Ионизация и озонирование воздушной среды в птицеводстве (автореферат дис. на соиск. уч. степ. доктора тех. наук). М., 2004, с-283.
130. Сторчевой В. Ф., Жданкин Г. В., Зиганшин Б. Г., Новикова Г. В. Разработка и обоснование параметров многоярусной сверхвысокочастотной установки для термообработки влажного сырья в непрерывном // Научная жизнь. 2017. № 4. С. 4–14.
131. Судник Ю.А. Автоматизированное управление машинотракторными агрегатами в сельском хозяйстве: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Ю.А. Судник. – М.: Изд-во МГАУ, 1999. – 36 с.
132. Судник Ю.А. Использование озона в сельскохозяйственном производстве: учебное пособие / Судник Ю.А., Штанько Р.И. – М.: Российский государственный аграрный заочный университет, 2004. – 93 с.
133. Судник Ю.А., Андреев С.А., Петрова Е.А., Нормов Д.А. Отопительный котел. Патент РФ № 119860, опубл. в бюлл. №24, 27.08.2012.
134. Судник Ю.А., Самарин В.А., Спасов В.П., Бородин И.Ф., Воробьев В.А., Рудобашта С.П., Просянов Н.Н., Самарин Г.Н. Способ санитарной обработки воздуха в животноводческом помещении. Патент РФ № 2244562, опубл. в бюлл. №2, 20.01.2005.
135. Троицкая Т.П. Сушка зерна с помощью озono-воздушной смеси / Т.П. Троицкая // Механизация и электрификация сельского хозяйства. -1985. - №1. - С. 36-39.
136. Тропин В.В., Савенко А.В. Полномасштабный анализатор отклонений и колебаний напряжений прямой, обратной и нулевой последовательностей // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2014. №3. – С. 7 - 8.
137. Труфляк, Е. В. Точное сельское хозяйство: состояние и перспективы / Е.

- В. Труфляк, Н. Ю. Курченко // Физико-технические проблемы создания новых технологий в агропромышленном комплексе: мат. Междунар. науч.-практ. конф. – Ставрополь : Ставропольский ГАУ, 2017. – С. 288–291.
138. Филиппов Ю.В. Влияние величины разрядного промежутка на электрические характеристики озонаторов / Ю.В. Филиппов, В.П. Вендилло // Журнал физической химии. - 1959. - Т.33, Вып. 10. - С. 2359-2364.
139. Филиппов Ю.В. Влияние переноса реагирующих веществ вдоль потока на кинетику реакции в потоке// Кинетика и катализ. -М.: Изд-во АН СССР, 1960. -С.13-22.
140. Филиппов Ю.В. Оптимальные условия синтеза озона в электрическом разряде. В кн.: Озонирование воды и выбор рационального типа озонаторной станции. К.: Будевальник, 1965.- с.27-37.
141. Филиппов Ю.В. Химические реакции в тихом электрическом разряде / Ю.В. Филиппов, Ю.В. Емельянов // «Современные проблемы физической химии»: сб. науч. тр./ МГУ. - Москва, 1968. - С. 77-148.
142. Филиппов Ю.В. Электросинтез озона / Ю.В. Филиппов // Вестник МГУ. Сер. химия. - 1959. - №5. - С. 204-209.
143. Филиппов Ю.В. Электросинтез озона / Ю.В. Филиппов, В.А. Вобликова, В.И. Пантелеев. - М.: Изд-во МГУ, 1987. - 237 с.
144. Филиппов Ю.В. Электросинтез озона.- Вестник МГУ. Химия. 1959. №4. с.153-186.
145. Филиппов Ю.В., Емельянов Ю.В. Электрическая теория озонаторов // Журнал физической химии.-1957.- Т.31, Вып. 4.- С.896-906.
146. Филиппов Ю.В., Емельянов Ю.В. Электрический ток в озонаторах// Журнал физической химии.- 1958.-Т.32,Вып. 12.- С.2817-2822.
147. Филиппов Ю.В., Кобозев Н.И. Влияние температуры электродов озонатора на синтез озона // Журнал физической химии.- 1961.- Т. 38, вып. 7.-С.2078-2082.

148. Хлебный В.С. К вопросу о влиянии магнитного поля и изучение лазера на посевные и урожайные качества семян / В.С. Хлебный // Тр. Горьковского СХИ.-1976.-Т. 102.-С. 33-38.
149. Хмара В.Ф. Исследование режимов работы озонаторов / В.Ф. Хмара, Л.И. Тропин, Г.И. Кондратьев // Химическое и нефтяное машиностроение. - 1971. - №7. - С. 13.
150. Чистяков Е.И. О действии аэроионных потоков на культуры фитопатогенных бактерий / Е.И. Чистяков, А.Я. Рубенчик, В.И. Кудлай // III Всесоюз. конф. «Применение электронно - ионной технологии в с.-х.»: тез. / Тбилиси, 1981.- С. 25-26.
151. Шхалахов Р.С. Влияния угла между пластинами озонатора на его производительность / Р.С. Шхалахов, Е.В. Пантелеев // III Российская научно-практическая конференция «Физико-технические проблемы создания новых технологий в агропромышленном комплексе»: сб. науч. тр. / СГАУ. – Ставрополь. – 2005. – С. 369-372.
152. Шхалахов Р.С. Оптимизация конструкции озонаторов / Р.С. Шхалахов, Е.В. Пантелеев // четвертая южнороссийская научная конференция «Энерго и ресурсосберегающие установки» : материалы / КВВАУЛ. – Краснодар. – 2005. – С. 159-163.
153. Barb Korec. Zastosowanie hjl magnetycznych do przedsiwnej obroki nasion- "Post / nauk.rol", 1985. - 32. - №1. - С. 93-100.
154. Foy C.D. Ozone tolerance related to flavonoid glycoside genes in soybean / C.D. Foy, E.H. Lee // J.Plant Nutr. - 1995. - №4. - P. 634-647.
155. Gallo C.F., Castle G.S.P. Parametric study of Ozone Generation by Coronas //JAS 75 Annual Meeting. - Proceedings, 1975, - P. 589.
156. Gammon R. Gaseous sterilisation of food / R. Gammon // American Institute of chemical engineers Sump. - 1973. – №132. - P. – 91-99.
157. Gerlach K.A. Effects of ozone on soybean seed vigor / K.A. Gerlach, J.M. // "Sustaining Planet Faith" / Charleston, Oct. 6-7, 1995 . - P. 44.

158. Horská E., Petropavlovskiy M., Caplikas J., Raudonius S., Grifoll J., Lorenz A., Safonova A., Ubreziova I., Nagyova L., Palkova Z., Repisky J., Kosiciarova I., Kudaev R., Dzhaboeva A., Ezaov A., Ordokova F., Yahtanigov M., Tinchurina L., Nezhmetdinova F., Valiev A. et al. European best practices in quality assurance of agricultural programs: analytical report. - Nitra, Saint-Petersburg, 2015. Cep. Tempus PACAgro: Development of public accreditation of agricultural programs in Russia, 543902-TEMPUS-1-2013-1 -SK-TEMPUS-SMGR.
159. Kasmire R.F. Long term refrigerated storage of fruits and vegetables / R.F. Kasmire. - Dep. of veget. Gr. Univ. of Calif. Davis C.A. 95616.
160. Kato R. Effects of a magnetic field on the growth of primary roots of *Zea mays* / R. Kato // *Plant Cell Physiol.* -1988. - 29, tfs. - P. 1215-1219.
161. Lupattelli M. Globalize I and II activities in Os-sensitive and Os-tolerant tobacco / M. Lupattelli, G. Prancipato // *Ann. Fac.agr. univ. studi / Perugia*, 1996. - P.126-132.
162. Masuda S., Kiss E. On streamer discharges in ceramic based using high frequency surface / S. Masuda S., E. Kiss // *Electrostatics.* – 1987. – Nb 6 P.234-248.
163. Nomato Y. Improvement in ozone generation efficiency in a parallel plate ozonezer with a rotating plate electrode / Y. Nomato, T. Ohkubo, T. Adachi // *Proc. Inst. Electrostat. Jap.*-1989. - V.13. - Nb4. - P. 308-313.
164. Normov D. Does ozone treatment of maize seeds influence their germination and growth energy? / Chesniuk E., Shevchenko A., Normova T., Goldman R., Pozhidaev D., Bohinc T., Trdan S.// *Acta agriculturae slovenica.* - 2019. - № 114/2. - C. 251-258.
165. Smock R.M. Ozone in apple storage / R.M. Smock, R.D. Watson // *Refrigating Engineering.* - 1941. – Xs 4. - P. 25-30.

Приложение 1. Акт апробации

УТВЕРЖДАЮ
Директор ООО МИП «Электротехнология»
Д.т.н., профессор _____ Нормов Д.А.
М.П. _____

УТВЕРЖДАЮ
Директор Биокомбината ИП
Исупова Е.В. _____ Гаманцов Е.А.
М.П. _____

Акт

Об апробации технологии стерилизации реактора-ферментёра озоновооздушной смесью

«12» мая 2015 г.

г. Краснодар

Мы, нижеподписавшиеся, от ООО Малое Инновационное Предприятие «Электротехнология» Нормов Д.А., Пожидаев Д.В., Азарян А.А., Болотин В.Л. от Биокомбината ИП Исупова Е.В. директор Гаманцов Е.А., Шумайлов Д.А. и Бекер В.Н. составили настоящий акт о том, что оборудование, разработанное ООО МИП «Электротехнология» - озонаторы «Норма-15» при участии Нормов Д.А., Пожидаев Д.В., Азарян А.А., Болотин В.Л. внедрены в технологический процесс стерилизации реактора-ферментёра. Разработанная технология включает математические расчеты, теоретическое обоснование предлагаемой технологии, а также непосредственную обработку реактора-ферментера.

На основании экспериментальных исследований получены уравнения регрессии, определяющие зависимость снижения обсемененности среды от концентрации озона и времени обработки. Это позволило разработать и внедрить в Биокомбинат ИП Исупова Е.В. технологию стерилизации реактора-ферментера, которая достигнуть необходимого уровня снижения количества микроорганизмов до 0,01%.

Полученная технология и данные позволили значительно снизить энергозатраты на этот технологический процесс.

Нормов Д.А. _____

Пожидаев Д.В. _____

Азарян А.А. _____

Болотин В.Л. _____

Гаманцов Е.А. _____

Шумайлов Д.А. _____

Бекер В.Н. _____

Приложение 2. Акт об изготовлении макетного образца.

Утверждаю
Директор ООО МИП «Электротехнология»
д.т.н., профессор Д.А. Нормов

10 июля 2016 г.



Об изготовлении макетного образца электроозонатора, разработанного для применения на биофабрике для стерилизации ректора-ферментера.

Комиссия в составе представителей изготовителя

- директор Нормов Д.А.,
- младший научный сотрудник Пожидаев Д.В.,
- главного инженера Бибко Д.А.,
- менеджера по продажам Грущенко Р.В.

И представителей заказчика:

- директор Гаманцов Е.А.,
- инженер Шумайлов Д.А.
- оператор Бекер В.Н.

составила настоящий акт о том, что в соответствии с заказом Биокомбината ИП Исупова Е.В. в ст. Челбасская, изготовлен экспериментальный образец озонатора для стерилизации реактора-ферментера.

Образец подготовлен для проведения лабораторно-стендовых испытаний.

ПОДПИСИ:

Гаманцов Е.А.

Шумайлов Д.А.

Бекер В.Н.

Пожидаев Д.В.

Бибко Д.А.

Грущенко Р.В.

Приложение 4. Технические условия озонатора

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«МАЛОЕ ИННОВАЦИОННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
«ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЯ»

ОКПД2 28.25.14.113

Группа E71
ОКС (13.100)

УТВЕРЖДАЮ:

Генеральный директор
ООО «МИП «Электротехнология»
Нормов Д. А.
15 октября 2019 г.



ЭЛЕКТРООЗОНАТОР «НОРМА»
Технические условия
ТУ 28.25.14-001-37118914-2019

Дата введения:

«15» октября 2019 г.
Без ограничения срока действия

РАЗРАБОТАНО:

ООО «МИП «Электротехнология»

г. Краснодар
2019 г.

Собственность ООО «МИП «Электротехнология»:
не копировать и не передавать организациям и частным лицам

Изн. № подл.	Подл. и дата
Изн. № дубл.	Взм. инв. №
Изн. № инв. №	Подл. и дата
Изн. № подл.	Изн. № подл.

ВВЕДЕНИЕ

Настоящие технические условия распространяются на электроозонатор «Норма» (далее по тексту – электроозонаторы, изделия, устройства) предназначенные для:

- Дезодорация воздуха (устранение «биологических» и «химических» запахов).
 - Детоксикация воздуха.
 - Биологическая очистка или санация помещений и воздушной среды.
 - Снижение бактерицидной обсемененности животноводческих и птицеводческих помещений в присутствии животных.
 - Предохранение от гниения, борьба с плесенью, удаление грибка в подвалах, погребах, овощехранилищах, банях, местах содержания животных
 - Увеличение срока хранения продуктов и ликвидация запахов в холодильнике
 - Борьба с насекомыми и грызунами.
 - Устранение пылевых клещей(сапрофитов) и аллергенов
 - Изменение ионно-озонного баланса в воздухе помещений (для стимуляции здоровья людей и животных)
 - Увеличение сроков хранения мяса, птицы, рыбы, яиц, а также овощей и фруктов.
 - Обработка почвы теплиц, зараженной фитофторой.
 - Экологически чистая защита растений от вредоносной микрофлоры и насекомых в условиях защищенного грунта.
 - В технологии инкубации яиц.
 - Обработка и хранение кормов.
 - Обработка семян зерновых культур с целью обеззараживания и повышения посевных качеств семян.
 - Стимуляция весеннего развития пчелосемей, профилактика и лечение бактериозов, микозов и вирусных болезней пчел, а также дезинфекция сотохранилищ и пчелоинвентаря.
- Озонаторы изготавливают следующих моделей:
- «Норма-5»;
 - «Норма-10»;
 - «Норма-15»;
 - «Норма-20»;
 - «Норма-30»;
 - «Норма-40».

Изм. № подл.	Подп. и дата	Изм. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	ТУ 28.25.14-001-37118914-2019												
Изм. № подл.	Подп. и дата	Изм. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	ЭЛЕКТРООЗОНАТОР «НОРМА» Технические условия	Лит	Лист	Листов				
					Разраб.												
					Пров.											2	17
					Т. контр.										ООО «МИП» Электротехнология»		

Пример обозначения изделия при заказе:

«Электроозонатор «Норма-10». ТУ 28.25.14-001-37118914-2019».

Настоящие технические условия разработаны в соответствии с требованиями ГОСТ 2.114.

Перечень документов, на которые даны ссылки в настоящих технических условиях, приведен в приложении В.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	ТУ 28.25.14-001-37118914-2019					Лист
										3
					Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	

1. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

1.1 Основные характеристики и параметры

1.1.1 Изделия должны соответствовать Требованиям настоящих технических условий, ГОСТ 31829, ТР ТС 004/2011 «О безопасности низковольтного оборудования», ТР ТС 020/2011 «Электромагнитная совместимость технических средств» и изготавливаться по конструкторской и технологической документации, утвержденной в установленном порядке.

1.1.2 Основные параметры изделий приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Наименование параметра	Характеристика параметра
Габаритные размеры каждого отдельного корпуса, должны быть, мм:	
- длина	360
- ширина	150
- высота	150
Напряжение питания, В	220
Потребляемая мощность, кВт	до 0,25
Частота питающей сети, Гц	50
Производительность по озону, г/час	5-40
Максимальная концентрация озона мг/м ³	не менее 50
Общая масса установки, кг	не более 12 (Норма-30, 40)
Режим работы	продолжительный.

Примечания:

Отдельные характеристики для каждого типа изделия приведены в приложении А.

Изготовитель может вносить в конструкцию изменения

Энергопотребление устройства может незначительно отличаться от заявленного в зависимости от комплектации.

Вес устройства может незначительно отличаться от заявленного в зависимости от комплектации.

Габариты устройства могут незначительно отличаться от заявленного в зависимости от комплектации.

1.1.3 Условия работы изделий:

- относительная влажность окружающего воздуха до 98 % при 25 °С;
- температура окружающего воздуха от -20 до + 35 °С.

1.1.4 внешний вид изделия представлен на рисунке 1

Изм. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата
Изм. № подл.	Подп. и дата	Изм. № подл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

ТУ 28.25.14-001-37118914-2019

Лист
4

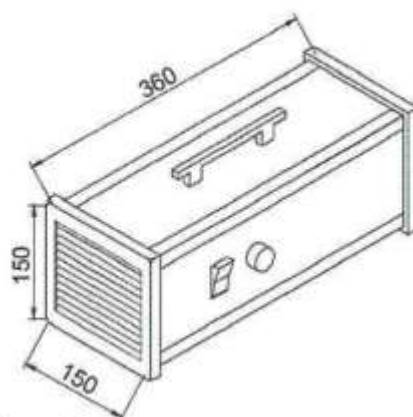


Рисунок 1. – общий вид изделия - озонатор «Норма»

1.1.5 Сопротивление изоляции шнура прибора должно составлять не менее 20 Мом в нормальных условиях.

1.1.6 Озонатор должен быть снабжен специальными устройствами, обеспечивающими надежное заземление корпуса. Высоковольтный провод (кабель) на входе в корпус генератора должен быть надежно изолирован. Провода не должны иметь следов повреждения изоляции и загрязнения.

1.1.7 Устройство должно сохранять работоспособность при эксплуатации в режиме длительной работы и при многократных включениях.

1.1.8 Электрическая прочность изоляции прибора должна выдерживать испытательное переменное напряжение 2000 В частотой 50 Гц в течении 5 с.

1.1.9 Изделия должно отвечать требованиям ТР ТС 004/2011 «О безопасности низковольтного оборудования».

1.1.9.1 Изделие должно сохранять работоспособность при отклонении напряжения питающей сети $\pm 10\%$ от номинальной величины и при изменении частоты в пределах $\pm 2\%$.

1.1.9.2 Электрические соединения должны осуществляться с использованием средств, которые обеспечивают надежное электрическое и механическое соединение. Провода и кабели должны быть без изломов и оголения, нарушения изоляции.

1.1.9.3 В электрооборудовании должна быть предусмотрена защита от короткого замыкания. Все проводники должны быть защищены от коротких замыканий, за исключением нейтрального или защитного провода.

1.1.9.4 После аварийного отключения электрооборудования при автоматическом цикле работы должно быть возможным повторное включение для окончания протекания цикла либо для возврата в исходное положение.

1.1.9.5 При выходе изделия из строя не должно происходить выделения тепловой энергии, достаточной для возгорания штатного оборудования.

1.1.9.6 Изделие должно исключать возникновение риска поражения электрическим током от доступных частей или частей, которые становятся доступными после снятия защитных элементов вручную.

Инов. № дубл.	Инов. № инв. №	Подп. и дата
Инов. № подл.	Подп. и дата	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ТУ 28.25.14-001-37118914-2019

Лист
5

1.1.10 Изделия должны удовлетворять требованиям электромагнитной совместимости, установленным в ТР ТС 020/2011 «Электромагнитная совместимость технических средств»:

- электромагнитные помехи, создаваемые изделием, не должны превышать уровень, обеспечивающий функционирование средств связи и других технических средств в соответствии с их назначением;

- изделия должны иметь уровень устойчивости к электромагнитным помехам (помехоустойчивости), обеспечивающий их функционирование в электромагнитной обстановке, для применения в которой они предназначены.

1.1.11 Для изделий устанавливаются следующие показатели надежности:

- установленная безотказная наработка - не менее 2000 ч;
- средняя наработка на отказ - не менее 1000 ч;
- установленный срок службы - не менее -3 лет
- среднее время восстановления - не более 0,5 ч.

1.2 Требования к применяемым материалам и комплектующим

1.2.1 Для изготовления озонаторов используют следующие материалы и комплектующие:

- блок питания;
- разрядное устройство;
- система управления (с защитой от аварийных электрических режимов);
- канальный вентилятор;
- регулировка подачи озона (опция);
- реле времени (опция);
- устройство дистанционного управления (опция);
- компрессор (опция).

1.2.2 Аппараты, приборы и материалы, устанавливаемые в изделиях, должны соответствовать требованиям действующих стандартов и технических условий на них, иметь сертификат соответствия в системе сертификации ГОСТ Р установленного образца или технических регламентов Таможенного Союза.

1.3 Комплектность

1.3.1 Комплектность поставки изделий должна соответствовать конструкторской документации и условиям заказа.

1.3.2 Комплектность поставки

- Электроозонатор «Норма» – 1 шт;
- Руководство по эксплуатации – 1 экз.

1.4 Маркировка

1.4.1 Маркировка должна соответствовать ТР ТС 004/2011 «О безопасности низковольтного оборудования», ТР ТС 020/2011 «Электромагнитная совместимость технических средств».

1.4.2 В маркировке должна быть приведена следующая информация:

- Знак предприятия изготовителя;
- Тип прибора;
- Род тока;

Изм. № подл.	Подп. и дата
Изм. № дубл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	ТУ 28.25.14-001-37118914-2019	Лист
						6

2.4 Утилизация отходов – согласно СанПиН 2.1.7.1322.

3 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

3.1 Изделия должны быть сконструированы так, чтобы при нормальной эксплуатации они работали безопасно и не причиняли вреда лицам или окружающей среде даже в случае небрежного обращения, возможного при нормальной эксплуатации.

3.2 Изделия должны изготавливаться в соответствии с требованиями настоящих технических условий, по рабочим чертежам, утвержденным в установленном порядке.

3.3 Изделия должны соответствовать требованиям ГОСТ 31829, ТР ТС 004/2011 «О безопасности низковольтного оборудования», ТР ТС 020/2011 «Электромагнитная совместимость технических средств».

3.4 Изделия должны сохранять работоспособность при и после воздействия электромагнитных помех.

3.5 Изделия не должны являться источниками возникновения пожара в нормальных и аварийных условиях работы.

3.6 При эксплуатации озонатора так же необходимо руководствоваться тем, что предельно допустимое безопасное содержание озона в воздухе – 0,1 мг/м³, поэтому недопустимо нахождения человека в закрытом помещении при работающем озонаторе не более 5 минут.

Озон при повышенных концентрациях пагубно влияет на живые организмы - растения, бактерии, животных и человека. Предельно допустимая концентрация (ПДК) О₃ принята равной 100 мкг/м³, что при температуре 273К и давлении 1 атм соответствует 0,047 ppm (округленно 0,05 ppm). Это не значит, что, например, концентрация 0,1 ppm представляет реальную опасность для человека.

Наибольшее влияние озон оказывает на органы дыхания. Меняется частота дыхания, объем воздуха при вдохе, жизненная и остаточная емкость легких. При вдыхании воздуха, содержащего озон, он постоянно разлагается и лишь четверть от общего количества попадает в легкие. Альвеолы легких под влиянием озона деформируются.

В случае неисправности установки необходимо: выключить источник озона, проветрить помещение, подышать на улице свежим воздухом.

Физиологические воздействия в значительной степени зависят от индивидуальных особенностей организма, так что приведенные данные имеют ориентировочный характер.

Предельно допустимые концентрации озона в зависимости от объема помещения представлены в таблице 2.

Изм. № подл.	Подп. и дата
Изм. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

ТУ 28.25.14-001-37118914-2019

Лист
8

Таблица 2

Объем помещения, м ³	Время снижения концентрации озона до ПДК, мин. (при н.у.)
10	66
25	61
50	56
100	51
250	45
500	40
1000	35

Контроль за содержанием озона в воздухе проводится с помощью газоанализатора.

3.7 Безопасность на производстве

3.7.1 Лица, допущенные для работы при производстве изделий, должны иметь профессиональную подготовку, соответствующую характеру работ.

3.7.2 Условия производства должны удовлетворять требованиям ГОСТ 12.3.002, ГОСТ 12.3.005. Рабочие места должны быть оборудованы в соответствии с требованиями ГОСТ 12.2.032 и ГОСТ 12.2.033.

3.7.3 Выполнение требований техники безопасности должно обеспечиваться соблюдением соответствующих утвержденных инструкций и правил по технике безопасности при осуществлении работ. Все работающие должны пройти обучение безопасности труда по ГОСТ 12.0.004.

3.7.4 Производственный персонал, по мере необходимости, должен применять средства индивидуальной защиты по ГОСТ 12.4.011.

4 ПРАВИЛА ПРИЕМКИ

Общие положения

4.1.1 Изделия подвергают приемосдаточным, периодическим и типовым испытаниям.

4.1.2 Предприятие-изготовитель и организации, проводящие испытания, должны обеспечивать соблюдение правил техники безопасности. Общие требования безопасности при проведении испытаний по ГОСТ 12.3.019.

4.1.3 Приемосдаточные испытания должна производить служба технического контроля предприятия-изготовителя (ОТК).

4.2 Приемосдаточные испытания

4.2.1 Приемосдаточные испытания проводят при нормальных условиях.

4.2.2 Приемосдаточные испытания предназначены для обнаружения возможных дефектов материалов или дефектов, допущенных при изготовлении. Приемосдаточным испытаниям подвергают все изделия после их сборки.

4.2.3 Объем проведения приемосдаточных испытаний приведен в таблице 3.

Изм. № подл.	Подп. и дата
Изм. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Изм. № подл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ТУ 28.25.14-001-37118914-2019

Лист
9

4.2.4 Если в процессе приемо-сдаточных испытаний будет обнаружено несоответствие проверяемого экземпляра хотя бы по одному из пунктов проверяемых требований, то изделие возвращают для анализа причин дефектов и их устранения и повторного предъявления для приемки.

4.2.5 Повторные испытания должны проводиться в полном объеме приемо-сдаточных испытаний. Повторные испытания считаются окончательными.

4.2.6 Принятым должен считаться бак, который выдержал приемо-сдаточные испытания по всем проверенным требованиям.

4.2.7 Результаты приемо-сдаточных испытаний должны оформляться протоколом на изготовленную партию однотипных изделий.

4.3 Периодические испытания

4.3.1 Периодические испытания проводятся один раз в год на трех образцах, прошедших приемо-сдаточные испытания.

4.3.2 Объем проведения периодических испытаний приведен в таблице 3.

4.3.3 Принятым должен считаться бак, который выдержал испытания по всем проверенным требованиям.

4.4 Типовые испытания

4.4.1 Типовым испытаниям подвергают образцы изделий.

4.4.2 Типовые испытания проводят по программе, в которую должна входить обязательная проверка параметров, на которые могли повлиять изменения, внесенные в конструкцию или технологию изготовления изделий.

4.4.3 Типовые испытания проводят по инициативе изготовителя.

4.4.4 При изменении конструкции типовые испытания проводят в объеме, соответствующем внесенным изменениям.

Таблица 3

Наименование проверяемого требования	Категория испытаний	
	Приемо-сдаточные	Периодические
Внешний осмотр и проверка сборки	+	-
Проверка качества покрытий	+	-
Проверка потребляемой мощности и тока	+	-
Испытания на функционирование при отклонениях питающего напряжения	+	-
Механическая прочность	-	+
Степень защиты оболочек	-	+
Электромагнитная совместимость	+	-
Показатели надежности и ремонтпригодности	-	+
Комплектность, маркировка и упаковка	+	-

Иное. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата
Иное. № подл.	Подп. и дата	Иное. № подл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

ТУ 28.25.14-001-37118914-2019

Лист
10

5.11 Испытания изделий на соответствие требованиям по обеспечению электромагнитной совместимости (ЭМС) и помехозащищенности проводят по ГОСТ Р 54102, ГОСТ 30805.14.1, ГОСТ 30805.14.2.

6 ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ

6.1 Транспортирование

6.1.1 Транспортирование изделий в упаковке предприятия-изготовителя может выполняться на любое расстояние с любой скоростью автомобильным и железнодорожным транспортом (в закрытых транспортных средствах), авиационным транспортом (в необогреваемых герметизированных отсеках самолетов), водным транспортом (в трюмах судов).

6.1.2 Транспортирование должно осуществляться в соответствии с правилами перевозок, действующими на каждом виде транспорта. Размещение и крепление транспортной тары в транспортных средствах должно обеспечивать ее устойчивое положение и не допускать перемещений. При погрузке и транспортировании должны выполняться требования предупредительных надписей на упаковке.

Тряске и вибрации при транспортировке не подвергать.

6.1.3 Условия транспортирования в упаковке предприятия-изготовителя: температура окружающего воздуха - от -20 °С до +35 °С; относительная влажность воздуха - до 98% при 25 °С.

6.2 Условия хранения в упаковке

6.2.1 Изделия должны храниться в упаковке предприятия-изготовителя в помещениях с естественной вентиляцией при температуре окружающей среды от -20 °С до +35 °С и относительной влажностью не выше 98% (при температуре воздуха 25 °С) на расстоянии от источников тепла не менее 0,5 м и при отсутствии в воздухе агрессивных и взрывоопасных примесей. Воздух не должен содержать токопроводящей пыли. В помещениях для хранения не должно быть агрессивных примесей (паров кислот, щелочей), вызывающих коррозию.

7 УКАЗАНИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

7.1 Изделия должны применяться в соответствии с требованиями настоящих техническими условий и эксплуатационной документацией изготовителя.

7.2 Подробное описание эксплуатации, порядок работы, периодичность технического обслуживания изложено в инструкции по эксплуатации входящей в комплект поставки готового изделия конкретного типа.

Инва. № подл.	Подп. и дата
Инва. № дубл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ТУ 28.25.14-001-37118914-2019

Лист
12

**Приложение А
(справочное)
Технические характеристики озонаторов в зависимости от конкретной модели.**

Таблица А.1

Модель	Норма-5	Норма-10	Норма-15	Норма-20	Норма-30	Норма-40
Напряжение сети	240V~50Hz					
Потребляемая мощность	100W	130W	170W	200W	220W	250Вт
Масса, кг	не более 6			не более 12		
Производительность по озону, г/час	5	10	15	20	30	40

Изм. № подл.	Подп. и дата	Изм. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

ТУ 28.25.14-001-37118914-2019

Лист
14

**Приложение Б
(справочное)
Ссылочные нормативные документы**

Номер НД	Наименование НД
ГОСТ 2.114-95	ЕСКД. Технические условия
ГОСТ 2.601-2013	ЕСКД. Эксплуатационные документы
ГОСТ 12.0.004-2015	Система стандартов безопасности труда. Организация обучения безопасности труда. Общие положения
ГОСТ 12.1.030-81	Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление (с Изменением N 1)
ГОСТ 12.2.032-78	Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования
ГОСТ 12.2.033-78	Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования
ГОСТ 12.3.002-75	Система стандартов безопасности труда. Процессы производственные. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.3.005-75	Система стандартов безопасности труда. Работы окрасочные. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.3.019-80	Система стандартов безопасности труда. Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.4.011-89	Система стандартов безопасности труда. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация
ГОСТ 10434-82	Соединения контактные электрические. Классификация. Общие технические требования (с Изменениями N 1, 2, 3)
ГОСТ 12302-2013	Пакеты из полимерных и комбинированных материалов. Общие технические условия
ГОСТ 14192-96	Маркировка грузов
ГОСТ 23216-78	Изделия электротехнические. Хранение, транспортирование, временная противокоррозионная защита, упаковка. Общие требования и методы испытаний
ГОСТ 24297-2013	Входной контроль продукции. Основные положения
ГОСТ 30805.14.1-2013	Совместимость технических средств электромагнитная. Бытовые приборы, электрические инструменты и аналогичные устройства. Радиопомехи промышленные. Нормы и методы измерений
ГОСТ 30805.14.2-2013	Совместимость технических средств электромагнитная. Бытовые приборы, электрические инструменты и аналогичные устройства. Устойчивость к электромагнитным помехам. Требования и методы испытаний

Изм. № подл.	Подп. и дата
Изм. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ТУ 28.25.14-001-37118914-2019

Лист
15

Номер НД	Наименование НД
ГОСТ 31829-2012	Оборудование озонаторное. Требования безопасности
ГОСТ Р 54102-2010	Совместимость технических средств электромагнитная. Безопасность бытовых и аналогичных электрических приборов при воздействии электромагнитных помех. Требования и методы испытаний
ТР ТС 004/2011	О безопасности низковольтного оборудования
ТР ТС 005/2011	О безопасности упаковки
ТР ТС 020/2011	Электромагнитная совместимость технических средств
СанПиН 2.1.7.1322-03	Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления

Изм. № подл.	Подп. и дата	Изм. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	ТУ 28.25.14-001-37118914-2019	Лист
						16

Приложение 5. Протокол испытаний

ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ТАМОЖЕННОГО СОЮЗА «РЕЙНА»
142500, Россия, Московская область, г. Павловский Посад,
ул. Городковская, д. 73А, к. 11
Телефон: +7 (863) 309-19-90
РОСС RU.31112. ИЛ.00011 срок действия с 01.02.2019 по 31.01.2020 г.



ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ

№ P45/07/2019 от 14.10.2019 года

Продукция:	Электроозонатор «Норма»
Заявитель, адрес:	Общество с ограниченной ответственностью «Малое инновационное предприятие «Электротехнология». 350044, Российская Федерация, Краснодарский край, город Краснодар, улица Калинина, дом 13, Корпус факультета энергетики и электрификации КубГАУ, кабинет 203
Изготовитель, адрес:	Общество с ограниченной ответственностью «Малое инновационное предприятие «Электротехнология». 350044, Российская Федерация, Краснодарский край, город Краснодар, улица Калинина, дом 13, Корпус факультета энергетики и электрификации КубГАУ, кабинет 203
Сопроводительный документ:	Заявка № P45/30.09/19 от 30.09.2019
Дата получения образца:	30.09.2019
Шифр образца:	P45/30.09/19
Дата(ы) проведения испытаний:	30.09.2019 – 14.10.2019
Испытание на соответствие требованиям:	ТУ 28.25.14-001-37118914-2019 ГОСТ 12.2.003-91

КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ

Температура окружающей среды, °С	20±2
Относительная влажность воздуха, %	65±5

Характеристика, описание образца, поступившего на испытания: Электроозонатор «Норма» Отбор образцов проводился представителем заявителя в соответствии с ГОСТ 31814-2012; Акт отбора образцов № Р45/30.09/19 Перечень методик испытаний: ТУ 28.25.14-001-37118914-2019, ГОСТ 12.2.003-91

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

№ п/п	Наименование параметра	Характеристика параметра	Результаты испытаний
1	Габаритные размеры каждого отдельного корпуса, должны быть, мм: - длина - ширина - высота	360	360
		150	150
		150	150
2	Напряжение питания, В	220	220
3	Потребляемая мощность, кВт	до 0,25	0,1
4	Частота питающей сети, Гц	50	50
5	Производительность по озону, г/час	5-40	5
6	Максимальная концентрация озона мг/м ³	не менее 50	52
7	Общая масса установки, кг	не более 12	6
8	Режим работы	продолжительный	продолжительный

Результаты испытаний на соответствие требованиям ГОСТ 12.2.003-91

Определяемые показатели, характеристики	НД на методы испытаний	Значение характеристики по НД	Результаты испытаний
1	2	3	4
п.1 Общие положения			
п.1.1	ГОСТ 12.2.003-91 п.1.1	Производственное оборудование должно обеспечивать безопасность работающих при монтаже (демонтаже), вводе в эксплуатацию и эксплуатации как в случае автономного использования, так и в составе технологических комплексов при соблюдении требований (условий, правил), предусмотренных эксплуатационной документацией.	Требование выполнено

Перепечатка протокола без разрешения испытательной лаборатории не допускается
 Протокол испытаний распространяется только на образцы, подвергнутые испытаниям

Протокол № Р45/07/19 от 14.10.19 года

Лист 2 из 10

п.1.2	ГОСТ 12.2.003-91 п.1.2	Безопасность конструкции производственного оборудования обеспечивается: выбором принципов действия и конструктивных решений, источников энергии и характеристик энергоносителей, параметров рабочих процессов, системы управления и ее элементов; минимизацией потребляемой и накапливаемой энергии при функционировании оборудования; выбором комплектующих изделий и материалов для изготовления конструкций, а также применяемых при эксплуатации; выбором технологических процессов изготовления; применением встроенных в конструкцию средств защиты работающих, а также средств информации, предупреждающих о возникновении опасных (в том числе пожаровзрывоопасных) ситуаций; надежностью конструкции и ее элементов (в том числе дублированием отдельных систем управления, средств защиты и информации, отказы которых могут привести к созданию опасных ситуаций); применением средств механизации, автоматизации (в том числе автоматического роллирования параметров рабочих процессов) дистанционного управления и контроля; возможностью использования средств защиты, не входящих в конструкцию; выполнением эргономических требований; ограничением физических и психофизиологических нагрузок на работающих.	Требование выполнено
п.1.3	ГОСТ 12.2.003-91 п.1.3	Требования безопасности к производственному оборудованию конкретных фирм, видов, моделей (марок) устанавливаются на основе требований настоящего стандарта с учетом: особенностей назначения, исполнения и условий эксплуатации; результатов испытаний, а также анализа опасных ситуаций (в том числе пожаровзрывоопасных), имевших место при эксплуатации аналогичного оборудования; требований стандартов, устанавливающих допустимые значения опасных и вредных производственных факторов; научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, а также анализа средств и методов обеспечения безопасности на лучших мировых аналогах; требований безопасности, установленных международными и региональными стандартами и другими документами к аналогичным группам, видам, моделям (маркам) производственного оборудования; прогноза возможного возникновения опасных ситуаций на вновь создаваемом или модернизируемом оборудовании. Требования безопасности к технологическому комплексу должны также учитывать возможные опасности, вызванные совместным функционированием единиц производственного оборудования, составляющих комплекс.	Требование выполнено Не требуется
п.1.4	ГОСТ 12.2.003-91 п.1.4	Каждый технологический комплекс и автономно используемое производственное оборудование должны укомплектовываться эксплуатационной документацией, содержащей требования (правила), предотвращающие возникновение опасных ситуаций при монтаже (демонтаже), вводе в эксплуатацию и эксплуатации. Общие требования к содержанию эксплуатационной документации в части обеспечения безопасности приведены в приложении.	Требование выполнено
п.1.5	ГОСТ 12.2.003-91 п.1.5	Производственное оборудование должно отвечать требованиям безопасности в течение всего периода эксплуатации при выполнении потребителем требований, установленных в эксплуатационной документации.	Требование выполнено

Перепечатка протокола без разрешения испытательной лаборатории не допускается
Протокол испытаний распространяется только на образцы, подвергнутые испытаниям

Протокол № P45/07/19 от 14.10.19 года

Лист 3 из 10

p.1.6	ГОСТ 12.2.003-91 п.1.6	Производственное оборудование в процессе эксплуатации не должно загрязнять природную среду выбросами вредных веществ и вредных микроорганизмов в количествах выше допустимых значений, установленных стандартами и санитарными нормами.	Требование выполнено
п.2 Общие требования безопасности			
п.2.1 Требования к конструкции и к отдельным частям			
p.2.1.1	ГОСТ 12.2.003-91 п.2.1.1	Материалы конструкции производственного оборудования не должны оказывать опасное и вредное воздействие на организм человека на всех заданных режимах работы и предусмотренных условиях эксплуатации, а также создавать пожаровзрывоопасные ситуации.	Требование выполнено
p.2.1.2	ГОСТ 12.2.003-91 п.2.1.2	Конструкция производственного оборудования должна исключать на всех предусмотренных режимах работы нагрузки на детали и сборочные единицы, способные вызвать разрушения, представляющие опасность для работающих. Если возможно возникновение нагрузок, приводящих к опасным для работающих разрушениям отдельных деталей или сборочных единиц, то производственное оборудование должно быть оснащено устройствами, предотвращающими возникновение разрушающих нагрузок, а также детали и сборочные единицы должны быть ограждены или расположены так, чтобы их разрушающиеся части не создавали травмоопасных ситуаций.	Требование выполнено Требование выполнено
p.2.1.3	ГОСТ 12.2.003-91 п.2.1.3	Конструкция производственного оборудования и его отдельных частей должна исключать возможность их падения, опрокидывания и самопроизвольного смещения при всех предусмотренных условиях эксплуатации и монтажа (демонтажа). Если из-за формы производственного оборудования, распределения масс отдельных его частей и (или) условий монтажа (демонтажа) не может быть достигнута необходимая устойчивость, то должны быть предусмотрены средства и методы закрепления, о чем эксплуатационная документация должна содержать соответствующие требования.	Требование выполнено
p.2.1.4	ГОСТ 12.2.003-91 п.2.1.4	Конструкция производственного оборудования должна исключать падение или выбрасывание предметов (например, инструмента, заготовок, обработанных деталей, стружки), представляющих опасность для работающих, а также выбросов смазывающих, охлаждающих и других рабочих жидкостей. Если для указанных целей необходимо использовать защитные ограждения, не входящие в конструкцию, то эксплуатационная документация должна содержать соответствующие требования к ним.	Требование выполнено Не требуется
p.2.1.5	ГОСТ 12.2.003-91 п.2.1.5	Движущиеся части производственного оборудования, являющиеся возможным источником травмоопасности, должны быть ограждены или расположены так, чтобы исключалась возможность прикосания к ним работающего или использованы другие средства (например, двуручное управление), предотвращающие травмирование. Если функциональное назначение движущихся частей, представляющих опасность, не допускает использование ограждений или других средств, исключаящих возможность прикосания работающих к движущимся частям, то конструкция производственного оборудования должна предусматривать сигнализацию, предупреждающую о пуске оборудования, а также использование сигнальных цветов и знаков безопасности. в непосредственной близости от движущихся частей, находящихся вне поля видимости оператора, должны быть установлены органы управления аварийным остановом (торможением), если в опасной зоне, создаваемой движущимися частями, могут находиться работающие.	Требование выполнено Требование выполнено Требование выполнено

Перепечатка протокола без разрешения испытательной лаборатории не допускается
Протокол испытаний распространяется только на образцы, подвергнутые испытаниям

п.2.1.6	ГОСТ 12.2.003-91 п.2.1.6	Конструкция зажимных, захватывающих, подъемных и грузозачерпывающих устройств или их приводов должна исключать возможность возникновения опасности при полном или частичном самопроизвольном прекращении подачи энергии, а также исключать самопроизвольное изменение состояния этих устройств при восстановлении подачи энергии.	Требование выполнено
п.2.1.7	ГОСТ 12.2.003-91 п.2.1.7	Элементы конструкции производственного оборудования не должны иметь острых углов, кромок, заусенцев и поверхностей с неровностями, представляющих опасность травмирования работающих, если их наличие не определяется функциональным назначением этих элементов. В последнем случае должны быть предусмотрены меры защиты работающих.	Требование выполнено
п.2.1.8	ГОСТ 12.2.003-91 п.2.1.8	Части производственного оборудования (в том числе трубопроводы гидро-, паро-, пневмосистем, предохранительные клапаны, кабели и др.), механическое повреждение которых может вызвать возникновение опасности, должны быть защищены ограждениями или расположены так, чтобы предотвратить их случайное повреждение работающими или средствами технического обслуживания.	Требование выполнено
п.2.1.9	ГОСТ 12.2.003-91 п.2.1.9	Конструкция производственного оборудования должна исключать самопроизвольное ослабление или разъединение креплений сборочных единиц и деталей, а также исключать перемещение подвижных частей за пределы, предусмотренные конструкцией, если это может повлечь за собой создание опасной ситуации.	Требование выполнено
п.2.1.10	ГОСТ 12.2.003-91 п.2.1.10	Производственное оборудование должно быть пожаровзрывобезопасным в предусмотренных условиях эксплуатации. Технические средства и методы обеспечения пожаровзрывобезопасности (например, предотвращение образования пожаро- и взрывоопасной среды, исключение образования источников зажигания и инициирования взрыва, предупредительная сигнализация, система пожаротушения, аварийная вентиляция, герметические оболочки, аварийный слив горючих жидкостей и стравливание горючих газов, размещение производственного оборудования или его отдельных частей в специальных помещениях) должны устанавливаться в стандартах, технических условиях и эксплуатационных документах на производственное оборудование конкретных групп, видов, моделей (марок).	Требование выполнено
п.2.1.11	ГОСТ 12.2.003-91 п.2.1.11	Конструкция производственного оборудования, приводимого в действие электрической энергией, должна включать устройства (средства) для обеспечения электробезопасности. Технические средства и способы обеспечения электробезопасности (например ограждение, заземление, зануление, изоляция токоведущих частей, защитное отключение и др.) должны устанавливаться в стандартах и технических условиях на производственное оборудование конкретных групп, видов, моделей (марок) с учетом условий эксплуатации и характеристик источников электрической энергии.	Требование выполнено
п.2.1.11.1	ГОСТ 12.2.003-91 п.2.1.11.1	Производственное оборудование должно быть выполнено так, чтобы исключить накопление зарядов статического электричества в количестве, представляющем опасность для работающего, и исключить возможность пожара и взрыва.	Требование выполнено

Перепечатка протокола без разрешения испытательной лаборатории не допускается
Протокол испытаний распространяется только на образцы, подвергнутые испытаниям

Протокол № P45/07/19 от 14.10.19 года

Лист 5 из 10

п.2.1.12	ГОСТ 12.2.003-91 п.2.1.12	Производственное оборудование, действующее с помощью неэлектрической энергии (например, гидравлической, пневматической, энергии пара), должно быть выполнено так, чтобы все опасности, вызываемые этими видами энергии, были исключены.	Не требуется
		Если конструкция не может полностью обеспечить исключение такой опасности, то эксплуатационная документация должна содержать требования об использовании средств защиты, не входящих в конструкцию.	Не требуется
п.2.1.18	ГОСТ 12.2.003-91 п.2.1.18	Производственное оборудование должно быть оснащено местным освещением, если его отсутствие может явиться причиной перенапряжения органа зрения или повлечь за собой другие виды опасности.	Не требуется
		Характеристика местного освещения должна соответствовать характеру работы, при выполнении которой возникает в нем необходимость	Не требуется
		Местное освещение, его характеристика и места расположения должны устанавливаться в стандартах, технических условиях и эксплуатационной документации на производственное оборудование конкретных фирм, видов, моделей (марок).	Не требуется
п.2.1.19	ГОСТ 12.2.003-91 п.2.1.19	Конструкция производственного оборудования должна исключать ошибки при монтаже, которые могут явиться источником опасности. В случае, когда данное требование может быть выполнено только частично, эксплуатационная документация должна содержать порядок выполнения монтажа, объем проверок и испытаний, исключающих возможность возникновения опасных ситуаций из-за ошибок монтажа.	Требование выполнено
п.2.1.19.1	ГОСТ 12.2.003-91 п.2.1.19.1	Грубопроводы, шланги, провода, кабели и другие соединяющие детали и сборочные единицы должны иметь маркировку в соответствии с монтажными схемами.	Требование выполнено
п.2.2 Требования к рабочим местам			
п.2.2.1	ГОСТ 12.2.003-91 п.2.2.1	Конструкция рабочего места, его размеры и взаимное расположение элементов (органов управления, средств отображения информации, вспомогательного оборудования и др.) должны обеспечивать безопасность при использовании производственного оборудования по назначению, техническом обслуживании, ремонте и уборке, а также соответствовать эргономическим требованиям.	Требование выполнено
		Необходимость наличия на рабочих местах средств пожаротушения и других средств, используемых в аварийных ситуациях, должна быть установлена в стандартах, технических условиях и эксплуатационной документации на производственное оборудование конкретных групп, видов, моделей (марок).	Не требуется
		Если для защиты от неблагоприятных воздействий опасных и вредных производственных факторов в состав рабочего места входит кабина, то ее конструкция должна обеспечивать необходимые защитные функции, включая создание оптимальных микроклиматических условий, удобство выполнения рабочих операций и оптимальный обзор производственного оборудования и окружающего пространства.	Не требуется
п.2.2.2	ГОСТ 12.2.003-91 п.2.2.2	Размеры рабочего места и размещение его элементов должны обеспечивать выполнение рабочих операций в удобных рабочих позах и не затруднять движений работающего.	Не требуется

Перепечатка протокола без разрешения испытательной лаборатории не допускается
Протокол испытаний распространяется только на образцы, подвергнутые испытаниям

Протокол № P45/07/19 от 14.10.19 года

Лист 6 из 10

p.2.2.3	ГОСТ 12.2.003-91 п.2.2.3	При проектировании рабочего места следует предусматривать возможность выполнения рабочих операций в положении сидя или при чередовании положений сидя и стоя, если выполнение операций не требует постоянного передвижения работающего.	Не требуется
		Если расположение рабочего места вызывает необходимость перемещения и (или) нахождения работающего выше уровня пола, то конструкция должна предусматривать площадки, лестницы, перила и другие устройства, размеры и конструкции которых должны исключать возможность падения работающих и обеспечивать удобное и безопасное выполнение трудовых операций, включая операции по техническому обслуживанию.	Не требуется
п.2.3 Требования к системе управления			
p.2.3.1	ГОСТ 12.2.003-91 п.2.3.1	Система управления должна обеспечивать надежное и безопасное ее функционирование на всех предусмотренных режимах работы производственного оборудования и при всех внешних воздействиях, предусмотренных условиями эксплуатации. Система управления должна исключать создание опасных ситуаций из-за нарушения работающим (работавшими) последовательности управляющих действий	Требование выполнено
		На рабочих местах должны быть надписи, схемы и другие средства информации о необходимой последовательности управляющих действий.	Не требуется
p.2.3.2	ГОСТ 12.2.003-91 п.2.3.2	Система управления производственным оборудованием должна включать средства экстренного торможения и аварийного останова (выключения), если их использование может уменьшить или предотвратить опасность.	Требование выполнено
		Необходимость включения в систему управления указанных средств должна устанавливаться в стандартах и технических условиях на производственное оборудование конкретных групп, видов, моделей (марок).	Не требуется
p.2.3.3	ГОСТ 12.2.003-91 п.2.3.3	В зависимости от сложности управления и контроля за режимом работы производственного оборудования система управления должна включать средства автоматической нормализации режима работы или средства автоматического останова, если нарушение режима работы может явиться причиной создания опасной ситуации.	Требование выполнено
p.2.3.4	ГОСТ 12.2.003-91 п.2.3.4	Система управления должна включать средства сигнализации и другие средства информации, предупреждающие о нарушениях функционирования производственного оборудования, приводящих к возникновению опасных ситуаций.	Требование выполнено
		Конструкция и расположение средств, предупреждающих о возникновении опасных ситуаций, должны обеспечивать безошибочное, достоверное и быстрое восприятие информации.	Требование выполнено
		Необходимость включения в систему управления средств автоматической нормализации режимов работы или автоматического останова устанавливаются в стандартах и технических условиях на производственное оборудование конкретных групп, видов, моделей (марок).	Не требуется
p.2.3.5	ГОСТ 12.2.003-91 п.2.3.5	Система управления технологическим комплексом должна исключать возникновение опасности в результате совместного функционирования всех единиц производственного оборудования, входящих в технологический комплекс, а также в случае выхода из строя какой-либо единицы.	Требование выполнено

Перепечатка протокола без разрешения испытательной лаборатории не допускается
Протокол испытаний распространяется только на образцы, подвергнутые испытаниям

Протокол № P45/07/19 от 14.10.19 года

Лист 7 из 10

п.2.3.6	ГОСТ 12.2.003-91 п.2.3.6	Система управления отдельной единицей производственного оборудования, входящей в технологический комплекс, должна иметь устройства, с помощью которых можно было бы в необходимых случаях (например, до окончания работ по техническому обслуживанию) заблокировать пуск в ход технологического комплекса.	Требование выполнено
п.2.3.7	ГОСТ 12.2.003-91 п.2.3.7	Центральный пульт управления технологическим комплексом должен быть оборудован сигнализацией, мнемосхемой или другими средствами отображения информации о нарушениях нормального функционирования всех единиц производственного оборудования, составляющих технологический комплекс, средствами аварийной остановки (выключения) всего технологического комплекса, а также отдельных его единиц, если аварийный останов отдельных единиц не приведет к усугублению аварийной ситуации.	Требование выполнено
п.2.3.8	ГОСТ 12.2.003-91 п.2.3.8	Командные устройства системы управления (далее - органы управления) должны быть:	
		1) легко доступны и свободно различимы, в необходимых случаях обозначены надписями, символами или другими способами;	Требование выполнено
		2) сконструированы и размещены так, чтобы исключалось произвольное их перемещение и обеспечивалось надежное, уверенное и однозначное манипулирование, в том числе при использовании работающим средств индивидуальной защиты	Требование выполнено
		3) размещены с учетом требуемых усилий для перемещения, последовательности и частоты использования, а также значимости функций;	Требование выполнено
		4) выполнены так, чтобы их форма, размеры и поверхности контакта с работающим соответствовали способу захвата (пальцами, кистью) или нажатия (пальцем, ладонью, ступней ноги);	Требование выполнено
		5) расположены вне опасной зоны, за исключением органов управления, функциональное назначение которых (например, органов управления движением робота в процессе его наладки) требует нахождения работающего в опасной зоне; при этом должны быть приняты дополнительные меры по обеспечению безопасности (например, снижение скорости движущихся частей робота).	Требование выполнено
п.2.3.9	ГОСТ 12.2.003-91 п.2.3.9	Пуск производственного оборудования в работу, а также повторный пуск после останова независимо от его причины должен быть возможен только путем манипулирования органом управления пуском.	Требование выполнено
		Данное требование не относится к повторному пуску производственного оборудования, работающего в автоматическом режиме, если повторный пуск после останова предусмотрен этим режимом.	Не требуется
		Если система управления имеет несколько органов управления, осуществляющих пуск производственного оборудования или его отдельных частей и нарушение последовательности их использования может привести к созданию опасных ситуаций, то система управления должна включать устройства, исключающие создание таких ситуаций.	Требование выполнено
п.2.3.10	ГОСТ 12.2.003-91 п.2.3.10	Орган управления аварийным остановом после включения должен оставаться в положении, соответствующем останову, до тех пор, пока он не будет возвращен работающим в исходное положение; его возвращение в исходное положение не должно приводить к пуску производственного оборудования.	Не требуется
		Орган управления аварийным остановом должен быть красного цвета, отличаться формой и размерами от других органов управления.	Требование выполнено

Перепечатка протокола без разрешения испытательной лаборатории не допускается
Протокол испытаний распространяется только на образцы, подвергнутые испытаниям

p.2.3.11	ГОСТ 12.2.003-91 п.2.3.11	При наличии в системе управления переключателя режимов функционирования производственного оборудования каждое положение переключателя должно соответствовать только одному режиму (например, режиму регулирования, контроля и т.п.) и надежно фиксироваться в каждом из положений, если отсутствие фиксации может привести к созданию опасной ситуации.	Требование выполнено
		Если на некоторых режимах функционирования требуется повышенная защита работающих, то переключатель в таких положениях должен:	
		- блокировать возможность автоматического управления;	Не требуется
		- движение элементов конструкции осуществлять только при постоянном приложении усилия работающего к органу управления движением;	Не требуется
		- прекращать работу сопряженного оборудования, если его работа может вызвать дополнительную опасность;	Не требуется
		- исключать функционирование частей производственного оборудования, не участвующих в осуществлении выбранного режима;	Не требуется
		Снижать скорости движущихся частей производственного оборудования, участвующих в осуществлении выбранного режима.	Не требуется
п.2.4 Требования к средствам защиты, входящим в конструкцию, и сигнальным устройствам			
p.2.4.1	ГОСТ 12.2.003-91 п.2.4.1	Конструкция средств защиты должна обеспечивать возможность контроля выполнения ими своей назначения до начала и (или) в процессе функционирования производственного оборудования.	Требование выполнено
p.2.4.2	ГОСТ 12.2.003-91 п.2.4.2	Средства защиты должны выполнять свое назначение непрерывно в процессе функционирования производственного оборудования или при возникновении опасной ситуации.	Требование выполнено
p.2.4.3	ГОСТ 12.2.003-91 п.2.4.3	Действие средств защиты не должно прекращаться раньше, чем закончится действие соответствующего опасного или вредного производственного фактора.	Требование выполнено
p.2.4.4	ГОСТ 12.2.003-91 п.2.4.4	Отказ одного из средств защиты или его элемента не должен приводить к прекращению нормального функционирования других средств защиты.	Требование выполнено
p.2.4.5	ГОСТ 12.2.003-91 п.2.4.5	Производственное оборудование, в состав которого входят средства защиты, требующие их включения до начала функционирования производственного оборудования и (или) выключения после окончания его функционирования, должно иметь устройства, обеспечивающие такую последовательность.	Не требуется
p.2.4.6	ГОСТ 12.2.003-91 п.2.4.6	Конструкция и расположение средств защиты не должны ограничивать технологические возможности производственного оборудования и должны обеспечивать удобство эксплуатации и технического обслуживания.	Требование выполнено
p.2.4.6	ГОСТ 12.2.003-91 п.2.4.6	Если конструкция средств защиты не может обеспечить все технологические возможности производственного оборудования, то приоритетным является требование обеспечения защиты работающего.	Требование выполнено
p.2.4.7	ГОСТ 12.2.003-91 п.2.4.7	Форма, размеры, прочность и жесткость защитного ограждения, его расположение относительно ограждаемых частей производственного оборудования должны исключать воздействие на работающего ограждаемых частей и возможных выбросов (например, инструмента, обрабатываемых деталей).	Требование выполнено

Перепечатка протокола без разрешения испытательной лаборатории не допускается
Протокол испытаний распространяется только на образцы, подвергнутые испытаниям

Протокол № P45/07/19 от 14.10.19 года

Лист 9 из 10

п.2.4.8	ГОСТ 12.2.003-91 п.2.4.8	Конструкция защитного ограждения должна: исключать возможность самопроизвольного перемещения из положения, обеспечивающего защиту работающего; допускать возможность его перемещения из положения, обеспечивающего защиту работающего только с помощью инструмента, или блокировать функционирование производственного оборудования, если защитное ограждение находится в положении, не обеспечивающем выполнение своих защитных функций; обеспечивать возможность выполнения работающим предусмотренных действий, включая наблюдение за работой ограждаемых частей производственного оборудования, если это необходимо; не создавать дополнительные опасные ситуации; не снижать производительность труда.	Требование выполнено
п.2.4.9	ГОСТ 12.2.003-91 п.2.4.9	Сигнальные устройства, предупреждающие об опасности, должны быть выполнены и расположены так, чтобы их сигналы были хорошо различимы и слышны в производственной обстановке всеми лицами, которым угрожает опасность.	Требование выполнено
п.2.4.10	ГОСТ 12.2.003-91 п.2.4.10	Части производственного оборудования, представляющие опасность, должны быть окрашены в сигнальные цвета и обозначены соответствующим знаком безопасности в соответствии с действующими стандартами.	Требование выполнено

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Полученные результаты и выводы, содержащиеся в протоколе, относятся только к конкретно испытанному(ым) образцу(ам).

Отдельные страницы с изложением результатов испытаний не могут быть использованы отдельно без полного текста протокола испытаний.

ВЫВОД

По результатам проведенных исследований объект Электроозонатор «Норма» соответствует требованиям ГОСТ 32626-2014 "Средства укупорочные полимерные. Общие технические условия".

Ответственный за проведение испытаний



Конец протокола испытаний.

Перепечатка протокола без разрешения испытательной лаборатории не допускается
Протокол испытаний распространяется только на образцы, подвергнутые испытанием

Протокол № P45/07/19 от 14.10.19 года

Лист 10 из 10

КАТАЛОЖНЫЙ ЛИСТ ПРОДУКЦИИ

Код ЦСМ	01	200	Группа КГС (ОКС)	02	13.100	Регистрационный номер	03	130454
---------	----	-----	------------------	----	--------	-----------------------	----	--------

Код ОКПД2	11	28.25.14.113
Наименование и обозначение продукции	12	ЭЛЕКТРООЗОНАТОР «НОРМА»
Обозначение государственного стандарта	13	
Обозначение нормативного или технического документа	14	ТУ 28.25.14-001-37118914-2019
Наименование нормативного или технического документа	15	ЭЛЕКТРООЗОНАТОР «НОРМА»
Коды предприятия-изготовителя по ОКПО и штриховой код	16	37118914
Наименование предприятия-изготовителя	17	ООО «МИП «Электротехнология»
Адрес предприятия-изготовителя (индекс; город; улица; дом)	18	350044 город Краснодар
улица им. Калинина, дом 31, каб. 203		
Телефон	19	+79183694203
Другие средства связи	20	Телефакс
Наименование держателя подлинника	21	ООО «МИП «Электротехнология»
Адрес держателя подлинника (индекс; город; улица; дом)	22	350044 город Краснодар
улица им. Калинина, дом 31, каб. 203		
г. Москва, ул. Наметкина, д.10 А, стр. 1		
Дата начала выпуска продукции	23	01.09.2019
Дата введения в действие нормативного или технического документа	24	01.09.2019
Обязательность сертификации	25	

30. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКЦИИ

Настоящие технические условия распространяются на электроозонатор «Норма» (далее по тексту – электроозонаторы, изделия, устройства).

Озонаторы изготавливают следующих моделей: «Норма-5»; «Норма-10»; «Норма-15»; «Норма-20»; «Норма-30»; «Норма-40».




Наименование параметра	Характеристика параметра
Габаритные размеры каждого отдельного корпуса, должны быть, мм: - длина - ширина - высота	 360 150 150
Напряжение питания, В	220
Потребляемая мощность, кВт	до 0,25
Частота питающей сети, Гц	50
Производительность по озону, г/час	5-40
Максимальная концентрация озона мг/м ³	не менее 50
Общая масса установки, кг	не более 12 (Норма-30, 40)
Режим работы	продолжительный.

Изделия должны храниться в упаковке предприятия-изготовителя в помещениях с естественной вентиляцией при температуре окружающей среды от -20 °С до +35 °С и относительной влажностью не выше 98% (при температуре воздуха 25 °С) на расстоянии от источников тепла не менее 0,5 м и при отсутствии в воздухе агрессивных и взрывоопасных примесей. Воздух не должен содержать токопроводящей пыли. В помещениях для хранения не должно быть агрессивных примесей (паров кислот, щелочей), вызывающих коррозию.

Изготовитель гарантирует соответствие изделий требованиям настоящих технических условий при соблюдении условий транспортирования, хранения и эксплуатации. Гарантийный срок эксплуатации - 12 месяцев со дня продажи через розничную торговую сеть.

		Фамилия	Подпись	Дата	Телефон
Представил	04	Лебедев Р. А.		01.09.2019	8(495)308-8272
Заполнил	05	Лебедев Р. А.		01.09.2019	8(495)308-8272
Зарегистрировал	06	Н.Н. Волчёнкова		01.09.2019	8(495)531-2670
Ввёл в каталог	07				

Приложение 6. Европейские сертификаты

  
Stegne 27, 1000 Ljubljana
ozon705.si@gmail.com

CE-IZJAVA O SKLADNOSTI ŠT. G-001

V skladu z direktivo 2014/30/EU
«Elektromagnetna združljivost tehnične opreme»

Proizvajalec: OZON-705 d.o.o.
Sedež proizvajalca: Stegne 27, 1000 Ljubljana, Slovenija
Mesto proizvodnje: Stegne 27, 1000 Ljubljana, Slovenija

z vso odgovornostjo izjavljamo, da spodaj našeti generatorji ozona
Norma-5, Norma-10, Norma-15, Norma-20, Norma-30, Norma-40


Omrežna napetost: 240V~50Hz
Poraba energije: 0,1- 2,5kW

z izpustnim blokom proizvodnje «МИП «Электротехнология» (Ruska Federacija)
za katere velja ta izjava, ustrezajo zahtevam naslednjih predpisov:
direktive 2014/30/EU «Elektromagnetna združljivost tehnične opreme»
in zahtevam naslednjih harmoniziranih standardov:

EN 55014-1	Elektromagnetna združljivost. Zahteve za gospodinjske aparate, električna orodja in podobno električno opremo. 1. del: Emisije
EN 55014 – 2	Elektromagnetna združljivost. Zahteve za gospodinjske aparate, električna orodja in podobno električno opremo. 2. del: Imuniteta
EN 61000–3–2	Elektromagnetna združljivost. 3-2. del: Meje. Meje za harmonične trenutne emisije
EN 61000–3–3	Elektromagnetna združljivost. 3-3. del: Omejitve sprememb napetosti, nihanje napetosti in utripanja v javnih nizkonapetostnih napajalnih sistemih za opremo z nazivno vrednostjo toka ≤ 16 A na fazo

Za sestavljanje tehnične dokumentacije je zadolžena oseba: Marijan Zabret, tehnični konzultant podjetja, nosilec obrtnega dovoljenja Obrtno-podjetniške zbornice Slovenije št. 1733298/NL37-3-456/2018 od 10.08.2018 za inštaliranja električnih napeljav in naprav. Dokumentacija se hrani na sedežu podjetja.

Kraj in datum izdaje
Ljubljana, 15.07.2019

Jaka Hrčk
prokurist



Stegne 27, 1000 Ljubljana
ozon705.si@gmail.com

CE-IZJAVA O SKLADNOSTI ŠT. G-002

V skladu z direktivo 2014/35/EU
evropskega parlamenta o nizki napetosti opreme
(Low Voltage Directive, LVD)

Proizvajalec: OZON-705 d.o.o.
Sedež proizvajalca: Stegne 27, 1000 Ljubljana, Slovenija
Mesto proizvodnje: Stegne 27, 1000 Ljubljana, Slovenija

z vso odgovornostjo izjavljamo, da spodaj našeti generatorji ozona

Norma-5, Norma-10, Norma-15, Norma-20, Norma-30, Norma-40

Omrežna napetost: 240V-50Hz
Poraba energije: 0,1- 2,5kW

z izpustnim blokom proizvodnje «МИП «Электротехнология» (Ruska Federacija)

za katere velja ta izjava, ustrezajo zahtevam naslednjih predpisov:

direktive 2014/35 / EU evropskega parlamenta o nizki napetosti opreme

(Low Voltage Directive, LVD)

in zahtevam naslednjih harmoniziranih standardov:

- EN 60335-1 Gospodinski in podobni električni aparati. Varnost. 1. del: Osnovne zahteve
- EN 60335-2-65 Gospodinski in podobni električni aparati. Varnost. 2-65. del: Posebne zahteve za naprave za čiščenje zraka

Za sestavljanje tehnične dokumentacije je zadolžena oseba: Marijan Zabret,
tehnični konzultant podjetja, nosilec obrtnega dovoljenja Obrtno-podjetniške zbornice Slovenije
št. 1733298/NL37-3-456/2018 od 10.08.2018 za inštaliranja električnih napeljav in naprav.
Dokumentacija se hrani na sedežu podjetja.

Kraj in datum izdaje
Ljubljana, 15.07.2019



Jaka Hrčk
prokurist