

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Киреева Сергея Геннадьевича
«РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХА-
РАКТЕРИСТИК ИМПУЛЬСНОГО КСЕНОНОВОГО ИСТОЧНИКА УФ-
ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ ОБЕЗЗАРАЖИ-
ВАНИЯ», представленной на соискание ученой степени кандидата техниче-
ских наук по специальности 2.2.1 - «Вакуумная и плазменная электроника»

Диссертационная работа Сергея Геннадиевича посвящена исследова-
нию вопросов инициирования разряда для импульсных газоразрядных источ-
ников УФ-излучения в оптико-электронной системе (ОЭС) обеззараживания
воздуха. Анализ литературных данных, выполненный автором диссертации,
показал, что только незначительное количество отечественных научно-
исследовательских разработок было посвящено достижению высокой эффек-
тивности излучения ксенонового разряда в спектральном интервале 200-300
нм при сроке службы более 10^5 импульсов. Так как по режимам функциони-
рования и выходным параметрам исследуемый импульсный источник УФ-
излучения кардинально отличается от условий эксплуатации существующих
газоразрядных ламп, то поставленная в диссертации цель безусловно **явля-
ется актуальной**.

Новыми научными результатами, полученными в ходе работы над
диссертацией, являются:

1. Разработанная методика измерения спектрально-энергетических харак-
теристик импульсного источника УФ излучения в диапазоне длин волн 200-
300 нм, что позволяет сегодня путем расчетно-экспериментальных измере-
ний оценивать биоцидную эффективность указанных газоразрядных ламп и
ОЭС на их основе.
2. Предложенный метод осесимметричного развития основного разряда в
предварительно сформированном слаботочном вспомогательном разряде.
3. Установленная зависимость азимутальной неравномерности процессов
деградации поверхности разрядной трубки, соприкасающейся с плазменным
каналом, от механизма инициирования импульсного разряда.
4. Результаты экспериментального исследования факторов, определяющих
КПД излучения и долговечность импульсного источника УФ-излучения
(диаметр разрядного канала, ограничение разряда сапфировой оболочкой и
т.д.).

5. Комплекс данных по формированию плазменного канала неограниченного разряда в условиях инициализации зажигания посредством дополнительного электрода.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка используемой литературы и приложений.

Во введении рассматривается актуальность темы диссертации и ее степень разработанности, определены цель и задачи работы. Сформулированы научная новизна, теоретическая и практическая значимости, методология и методы исследования, положения, выносимые на защиту. Оценивается личный вклад автора в выполненных исследованиях, степень достоверности результатов, приведены сведения об апробации работы и публикациях автора.

В первой главе автором диссертации на основе проведенного научного анализа научно-технической и патентной литературы:

1. Изучены физико-химические процессы, протекающие на соприкасающихся с плазмой рабочих поверхностях электродов и кварцевой оболочки.

2. Установлены особенности механизмов электрического пробоя газового промежутка, показаны преимущества и выявлены недостатки различных способов инициализации разряда (последовательный, параллельный поджиг, использование внешних электродов для зажигания разряда и т.д.).

3. Выявлены параметры, определяющие эффективность преобразования электрической энергии в поток УФ-излучения и оказывающие наибольшее влияние на долговечность импульсной лампы.

Итогом первой главы является объединение в две блок-схемы параметров, влияющих на КПД и долговечность импульсной ксеноновой лампы, исходя из которых, автор формулирует цель и основные направления диссертационного исследования.

Вторая глава посвящена разработке методик исследования энергопотребных параметров разряда и характеристик УФ-излучения импульсных ламп. Необходимо выделить следующие положения:

1. Автором предложена расчетная модель, при реализации которой для яркостной температуры 8 кК получена расчетная зависимость межэлектродного расстояния от величины емкости накопительного конденсатора. По полученным данным соискатель определил целесообразность проведения

дальнейших исследований импульсных ксеноновых ламп с диаметром плазменного канала 5 мм и межэлектродным расстоянием 120 мм при работе с емкостью накопительного конденсатора 60 мкФ

2. Киреевым С.Г. создана оригинальная схема измерительного комплекса для регистрации энергопотребности параметров импульсных ксеноновых ламп, уникальность которой заключается в возможности контроля энергетических потерь на наиболее важных элементах цепи разрядного контура.

3. Соискателем разработана методика измерений характеристик УФ-излучения, построенная на совместной регистрации импульса излучения фотодиодным приемником и оптоволоконным спектрометром, подробно рассмотрены разработанные методики калибровки фотоприемных устройств и интерпретации полученных в результате измерений данных.

Важной особенностью второй главы является разработка методики исследования азимутальной деградации поверхности кварцевой оболочки, позволившая впоследствии сделать основные выводы в работе.

В третьей главе автором выполнены экспериментальные исследования, из которых особо следует выделить следующие:

1. Изучение азимутальной неравномерности деградации разрядной трубки под воздействием плазменного шнура, развивающегося вдоль поверхности кварцевой стенки оболочки, при последовательном зажигании. Соискателем наблюдаемое явление объясняется, как влияние на разряд заземленной поверхности установки, прилегающей к разрядной трубке.

2. Разработка и реализация технического решения, построенного на применении непрерывно горящего вспомогательного плазменного канала, обеспечивающего проводящее состояние газа в промежутках между силовыми импульсами тока при разряде накопительного конденсатора и обеспечивающего осесимметричное развитие разряда. В результате испытаний автором установлено, что через 1 млн. импульсов снижение энергии излучения в спектральном диапазоне 200-300 нм у лампы, работающей в контуре с иницированием разряда по поверхности, составило $\approx 62\%$, в то время как для лампы в контуре с иницированием вспомогательным плазменным каналом только 10 %.

3. Исследование влияния на характеристики УФ-излучения и срок службы импульсной ксеноновой лампы параметров разрядного контура. В результате выполненной автором программной обработки полученных экс-

периментальных данных позволило ему выявить эмпирическую зависимость яркостной температуры от объемной плотности мощности.

Часть третьей главы посвящена расчету термодинамических параметров ксеноновой плазмы импульсной газоразрядной лампы, в результате которого установлен важный факт, что при снижении длительности разряда снизится электрическая нагрузка на оболочку разрядной трубки.

Четвертая глава посвящена разработке вариантов конструкций разрядного объема, обеспечивающих высокий КПД и надежность импульсных ксеноновых ламп. В данной главе автор развивает следующие направления экспериментальных исследований:

1. Проводит оптимизацию межэлектродного расстояния в разрядном объеме импульсной ксеноновой лампы.

2. Разрабатывает конструкцию импульсной ксеноновой лампы с кварцевой оболочкой, внутри которой располагается сапфировая трубка, предотвращающая высокотемпературное воздействие плазмы на кварц.

3. Исследует конструктивный вариант импульсной газоразрядной трехэлектродной лампы со свободно расширяющимся плазменным каналом сверхвысокого давления.

Важным результатом данной главы является сформированная автором база данных по временной и спектральной зависимостям яркостной температуры импульсной трехэлектродной лампы от электрических параметров разрядного контура (напряжение, сила тока, энергия разряда и т.д.).

В пятой главе представлены результаты испытаний источников УФ-излучения в составе ОЭС. Внедренные результаты диссертационной работы позволили:

1. Провести оптимизацию обеззараживания помещений излучателями открытого типа в части их пространственного расположения для обеспечения равномерного поля энергетической облученности.

2. Выполнить исследование активности УФ-излучения сплошного спектра импульсных ксеноновых ламп в отношении микробиологической нагрузки.

Особое внимание в пятой главе уделено практическому применению полученных в диссертации результатов при участии в космической программе «Экзомарс», где для обработки отдельных элементов десантного модуля во время сборки использовано УФ-излучение импульсной ксеноновой лампы в

составе ОЭС обеззараживания, модернизированной по рекомендациям автора.

В заключении сформулированы основные результаты и выводы диссертационной работы.

По диссертации можно сделать **следующие замечания**, часть из которых носит характер пожеланий и не влияет на высокую оценку работы:

1. Вводимые сокращения терминов расшифровываются только после их использования в тексте диссертации несколько раз. Например, на странице 34 в подписи к рисунку 7 применено сокращение АЧТ, а на странице 62 впервые приводится раскрытие значения этого термина как абсолютно черное тело (АЧТ). Представляется правильным в начале диссертации ввести сводную таблицу сокращений, что значительно облегчило бы восприятие материала диссертации.

2. В спектре импульсного ксенонового разряда значительная доля энергии сосредоточена в ближнем ИК-диапазоне, поэтому возврат обратно в плазму собственного излучения, например посредством нанесенного на колбу интерференционного покрытия, может обеспечить повышение эффективности разряда в ультрафиолетовой области. В диссертационной работе данный вопрос не рассмотрен, хотелось бы понять перспективность такого технического решения, направленного на повышение эксплуатационных характеристик импульсного источника УФ-излучения.

3. Автором достаточно подробно описаны технические решения, позволяющие совершенствовать различные параметры ксеноновых ламп, однако из диссертации не совсем становится очевидным диапазон рабочих параметров предложенных конструктивных решений который определяет его работоспособность на протяжении ресурса.

4. Из диссертации не очевидно на скольких образцах были получены практические результаты испытаний.

5. Не уделено внимание условиям эксплуатации и условиям внешних воздействующих факторов на работоспособность предлагаемых образцов ксеноновых ламп.

В целом, диссертация оставляет впечатление качественной экспериментальной работы, которая является законченным научным трудом, выполненным на достаточно высоком уровне. В ней приведены подробные описания используемых методик, применяемой аппаратной части и детально описываются полученные результаты. Иллюстрации результатов тщательно по-

добраны и наглядно отображают полученные автором результаты. Автореферат диссертации дает полное представление о работе и отражает ее важные результаты и выводы. Положения, выносимые на защиту, сформулированы четко и последовательно обосновываются в главах диссертации.

Особо необходимо отметить, что Киреевым С.Г. решена важная задача, направленная на разработку способов инициирования ксеноновых разрядов различных типов, обеспечивающих высокий срок службы газоразрядной лампы, а также позволяющие значительно поднять КПД излучения в спектральном диапазоне 200-300 нм.

Полученные автором диссертации результаты апробированы при представлении более 12-докладов на международных конференциях. Основные результаты исследований изложены в 22 статьях, включенных в перечень ВАК, а приоритет полученного технического решения, закреплен патентом на изобретение.

Диссертация С.Г. Киреева является самостоятельной, завершённой научно-квалификационной работой, в которой решена важная научно-техническая задача по совершенствованию способов повышения характеристик систем обеззараживания различных типов. Диссертация соответствует требованиям п.п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Киреев Сергей Геннадьевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.1. Вакуумная и плазменная электроника.

Официальный оппонент

Ревазов Владислав Олегович,
кандидат технических наук, заместитель
начальника научно-исследовательского
отдела ФГУП ВНИИА им. Н.Л. Духова.

«12» мая 2022 г.

Подпись Ревазова В.О. заверяю

Ученый секретарь

МП



Феоктистова Л.В.