

## СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационный совет Д 003.031.01 созданный на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук, извещает о результатах состоявшейся 29 декабря 2016 года публичной защиты диссертации Шнайдером Антоном Витальевичем «Процессы при переходе тока сильноточной вакуумной дуги через ноль», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.27.02 – вакуумная и плазменная электроника.

Время начала заседания: 15.00

Время окончания заседания: 17.15

На заседании диссертационного совета присутствовали 20 человек из 24 членов диссертационного совета, из них 6 докторов наук по специальности 05.27.02 – вакуумная и плазменная электроника:

1. Ратахин Николай Алкесандрович – председатель диссертационного совета  
д.ф.-м.н. 01.04.04
2. Королёв Юрий Дмитриевич – зам. председателя диссертационного  
совета д.ф.-м.н. 05.27.02
3. Рыжов Виктор Васильевич – ученый секретарь диссертационного  
совета д.ф.-м.н. 05.27.02
4. Багров Владислав Гавриилович – член совета д.ф.-м.н. 01.04.04
5. Бычков Юрий Иванович – член совета д.ф.-м.н. 05.27.02
6. Иванов Юрий Фёдорович – член совета д.ф.-м.н. 01.04.04
7. Ким Александр Андреевич – член совета д.т.н. 05.27.02
8. Коваль Николай Николаевич – член совета д.т.н. 05.27.02
9. Ковальчук Борис Михайлович – член совета д.т.н. 05.27.02
10. Козырев Андрей Владимирович – член совета д.ф.-м.н. 05.27.02
11. Кошелев Владимир Ильич – член совета д.ф.-м.н. 01.04.04
12. Лосев Валерий Фёдорович – член совета д.ф.-м.н. 05.27.02
13. Окс Ефим Михайлович – член совета д.т.н. 05.27.02
14. Пегель Игорь Валериевич – член совета д.ф.-м.н. 01.04.04
15. Ремпе Николай Гербертович – член совета д.т.н. 05.27.02
16. Ростов Владислав Владимирович – член совета д.ф.-м.н. 01.04.04
17. Тарасенко Виктор Федотович д.ф.-м.н. 05.27.02
18. Усов Юрий Петрович – член совета д.т.н. 05.27.02
19. Чернов Иван Петрович – член совета д.ф.-м.н. 01.04.04
20. Юшков Георгий Юрьевич – член совета д.т.н. 05.27.02

**Заседание вел председатель диссертационного совета доктор**

**физико-математических наук, академик РАН Ратахин Николай Александрович.**

По результатам защиты диссертации тайным голосованием (результаты голосования: за присуждение ученой степени – 20, против – нет, недействительный бюллетеней – нет) диссертационный совет принял решение присудить Шнайдеру А.В. учёную степень кандидата технических наук.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 003.031.01 НА БАЗЕ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА СИЛЬНОТОЧНОЙ  
ЭЛЕКТРОНИКИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ  
АКАДЕМИИ НАУК, ПОДВЕДОМСТВЕННОГО ФЕДЕРАЛЬНОМУ  
АГЕНТСТВУ НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА  
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 29.12.2016 № 41

О присуждении **Шнайдеру Антону Витальевичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук. Диссертация «Процессы при переходе тока сильноточной вакуумной дуги через ноль» по специальности 05.27.02 – вакуумная и плазменная электроника принята к защите 21.10.2016 г., протокол № 39, диссертационным советом Д 003.031.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук (ИСЭ СО РАН), подведомственного Федеральному агентству научных организаций, 634055, г. Томск, просп. Академический, 2/3, приказ № 105/нк от 11 апреля 2012 года.

Соискатель Шнайдер Антон Витальевич 1985 года рождения. В 2008 году соискатель окончил Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Томский государственный университет», в 2011 году окончил аспирантуру Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук, подведомственного Федеральному агентству

научных организаций, работает младшим научным сотрудником лаборатории вакуумной электроники Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук, подведомственного Федеральному агентству научных организаций, 634055, г. Томск, просп. Академический, 2/3.

Диссертация выполнена в лаборатории вакуумной электроники Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук, подведомственного Федеральному агентству научных организаций, 634055, г. Томск, просп. Академический, 2/3.

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, **Батраков Александр Владимирович**, ИСЭ СО РАН, лаборатория вакуумной электроники, заведующий лабораторией.

**Официальные оппоненты:**

1. **Овсянников Александр Георгиевич**, доктор технических наук, профессор, филиал ОАО «Электросетьсервис» - Специализированная производственная база «Электросетьремонт», г. Новосибирск, главный специалист,

2. **Уйманов Игорь Владимирович**, кандидат физико-математических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт электрофизики Уральского отделения Российской академии наук (ИЭФ УрО РАН), г. Екатеринбург, лаборатория физической электроники, старший научный сотрудник,

дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования **Новосибирский государственный технический университет (ФГБОУ ВО НГТУ)**, г. Новосибирск, в своём положительном заключении, подписанном Коробейниковым Сергеем Мироновичем, доктором физико-математических наук, профессором, заведующим кафедрой безопасности труда при факультете энергетики, и утвержденном ректором ФГБОУ ВО НГТУ доктором технических

наук, профессором Батаевым А.А., указала, что диссертация А.В. Шнайдера заслуживает положительной оценки, а полученные им результаты представляют интерес для специалистов, занимающихся разработкой и исследованием вакуумных дугогасительных камер и специалистов по вакуумно-дуговым разрядам.

Соискатель имеет 23 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации 18 опубликованных работ, среди которых 7 статей в рецензируемых научных журналах из перечня ВАК, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации, и 11 полных текстов докладов на международных конференциях и симпозиумах. Личный вклад автора – 85%, общий объём публикаций – 9,24 печатных листа.

Наиболее **значимые работы** соискателя:

1. Попов, С.А. Анодный факел сильноточной вакуумной дуги / С.А. Попов, А.В. Шнайдер, А.В. Батраков, G. Sandolache, S. W. Rowe, А.Б. Марков, Л.А. Зюлькова // ЖТФ, – 2012. – Т.82. – №7. – с. 44-50.
2. Schneider, A.V. Diagnostics of the Cathode Sheath Expansion after Current Zero in a Vacuum Circuit Breaker / A.V. Schneider, S.A. Popov, A.V. Batrakov, G. Sandolache, and S. W. Rowe // *IEEE Trans. Plasma Sci.* – 2011. –Vol. 39. – no 6. – pp. 1349-1353.
3. Batrakov, A.V. Observation of the Plasma Plume at the Anode of High-Current Vacuum Arcs. / A.V. Batrakov, S.A. Popov, A.V. Schneider, G. Sandolache, and S. W. Rowe // *IEEE Trans. Plasma Sci.* – 2011. –Vol. 39. – no 6. – pp. 1291-1295.
4. Schneider, A.V. Anode Temperature and Plasma Sheath Dynamics of High Current Vacuum Arc After Current Zero / A.V. Schneider, S.A. Popov, A.V. Batrakov, G. Sandolache, and H. Schellekens // *IEEE Trans. Plasma Sci.* – 2013. –Vol. 41. – no 8. – pp. 2022-2028.
5. Schneider, A.V. High-Current Vacuum Arc Shynted by a Semiconductor Switch on Kiloampere Current Interruption / A.V. Schneider, S.A. Popov, A.V. Batrakov, V.A. Lavrinovich // *IEEE Trans. Plasma Sci.* – 2016. –Vol. 44. – no 7. – pp. 1235-1240.

На диссертацию и автореферат поступили следующие **отзывы**:

1. Из ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет», отзыв подписан доктором технических наук, профессором, заслуженным деятелем науки Республики Башкортостан Будиловым Владимиром Васильевичем. Отзыв положительный, имеются замечания:

1. В тексте автореферата стр. 17. не объяснено, каким образом регулировалось время задержки включения полупроводниковых ключей;
2. Из автореферата неясно, каким образом влияет приложенное внешнее магнитное поле на температуру поверхности анода (стр. 13 и 3-й вывод работы);
3. На стр. 12 автореферата говорится о средней скорости распространения катодного слоя порядка  $10^6$  см/с, а в первом пункте основных результатов работы приводится «..., что средняя скорость расширения катодного слоя по порядку величины равна  $10^5$  см/с».

2. Из ФГБУН Институт физического материаловедения СО РАН, отзыв подписан доктором технических наук, профессором Карпенко Евгением Ивановичем. Отзыв положительный, имеются замечания:

1. Не рассмотрены вопросы гашения дуги и процессы, происходящие после перехода тока дуги через ноль в зависимости от конструктивных особенностей электродов.
2. На странице 7, 10, 20, 23, некорректно дано описание плазмы. Написано концентрация плазмы, а концентрация каких составляющих не указана. На странице 10 написано редкая плазма, что это значит?

3. Из ФГБУН Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН, отзыв подписан кандидатом физико-математических наук, заведующим лабораторией физики низкотемпературной плазмы Школьником Сергеем Марковичем. Отзыв положительный, имеется замечание:

На стр. 6 указано, что «...катодный слой распространяется от электрода со скоростью  $10^5$  см/с». На стр. 12 указана большая скорость: «... катодный слой распространяется со скоростью порядка  $10^6$  см/с». Но на стр. 22 опять указана

меньшая скорость: «...средняя скорость расширения катодного слоя по порядку величины равна  $10^5$  см/с, ...»

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации** обосновывается компетентностью оппонентов и ведущих сотрудников организации в соответствующей сфере исследований, широко известных и имеющих публикации в данной отрасли науки и способных определить научную и практическую ценность диссертации, а также дать рекомендации по использованию её результатов.

**Диссертационный совет отмечает**, что на основании выполненных соискателем исследований:

**разработана** новая экспериментальная методика многозондовой диагностики плазмы в вакуумных дугогасительных камерах, позволяющая измерять скорость расширения катодного слоя в период восстановления электроизоляционных свойств вакуумного выключателя;

**предложен** нетрадиционный подход к измерению температуры поверхности электродов, основанный на соотношении интенсивности свечения нагретого объекта и температуры объекта на различных длинах волн;

**доказана** перспективность использования сборки полупроводниковых ключей для шунтирования разрядного промежутка с целью улучшения отключающей способности вакуумной дугогасительной камеры;

**введено** новое понятие: «критический размер дефекта» применительно к дефекту сплошности диэлектрического покрытия, ответственного за вторичное дугообразование в схемах радиоэлектронной аппаратуры космических аппаратов.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

**доказана** применимость зондовой методики диагностики катодного слоя на основе численных расчетов определения радиуса эмиссионной поверхности плазмы вокруг зонда, для оценки средних значений напряженности электрического поля в катодном слое вакуумной дугогасительной камеры в

условиях роста переходного восстанавливающегося напряжения на разрядном промежутке;

**применительно к проблематике диссертации результативно использован** численный метод расчета температуры поверхности анода после перехода тока сильноточной вакуумной дуги через ноль;

**изложены** основные причины, влияющие на инициирование вторичной дуги в заполненном плазмой разрядном промежутке при напряжении уровня 100 В;

**раскрыт** механизм влияния дефекта сплошности диэлектрического покрытия электродов на инициирование вторичного дугового разряда;

**изучены** основные факторы, влияющие на инициирование повторных пробоев и ухудшение отключающей способности вакуумных дугогасительных камер;

**проведена модернизация** модели инициирования вторичного дугообразования в плазмозаполненном промежутке с учетом начальной предыонизации в нем.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

**разработана** методика оценки риска вторичного дугообразования, которая используется для диагностики радиоэлектронной аппаратуры космических аппаратов, изготавливаемых АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва»;

**определены** перспективы практического использования сборки полупроводниковых ключей для шунтирования разрядного промежутка с целью улучшения отключающей способности вакуумных дугогасительных камер;

**создана** система практических рекомендаций по ограничению времени горения дугового разряда в вакуумной дугогасительной камере с целью уменьшения влияния тепловой нагрузки на электродную систему;

**представлены** предложения по дальнейшему совершенствованию параметров вакуумных дугогасительных камер с целью повышения их эксплуатационных характеристик.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

**для экспериментальных работ** показана воспроизводимость результатов измерений в различных условиях, их согласие с литературными данными; обоснована калибровка оптических трактов высокоскоростной регистрации изображений; экспериментальные результаты получены на сертифицированном диагностическом оборудовании, достоверность экспериментальных результатов обеспечивалась систематическим характером исследований, использованием различных дублирующих экспериментальных методик, сопоставлением полученных экспериментальных данных с теоретическими оценками и результатами численного моделирования;

**теория** расчётов влияния размера дефекта сплошности диэлектрического покрытия на инициирование вторичного дугового разряда в плазме первичного разряда подтверждаются результатами проведённых экспериментов;

**идея базируется** на анализе ионизационных процессов и процессов токопереноса в плазме первичного разряда с учётом вторичной электронной эмиссии с поверхности электродов изолирующего промежутка;

**использовано** сравнение авторских данных, полученных при расчете температуры, концентрации плазмы и температуры поверхности анода, и данных, полученных ранее при аналогичных экспериментах другими авторами;

**установлено** качественное соответствие результатов расчетов параметров плазмы и температуры поверхности анода, полученных автором, с результатами, представленными в независимых литературных источниках;

**использованы** современные методики сбора и обработки исходной информации для определения основных параметров плазмы и температуры поверхности анода.

**Личный вклад** соискателя состоит в разработке многозондового метода диагностики катодного слоя и метода измерения температуры поверхности анода, проведении экспериментов и расчётов, анализе полученных данных, и личном участии в апробации результатов. Обсуждение задач исследований, методов их решения и результатов анализа экспериментальных данных проводилось совместно с соавторами, фамилии которых указаны в работах,



опубликованных по теме диссертации. Автором самостоятельно выдвинуты защищаемые научные положения и сделаны выводы. Соавторы, принимавшие участие в отдельных направлениях исследований, указаны в списке основных публикаций по теме диссертации. Все результаты, составляющие научную новизну диссертации и выносимые на защиту, получены автором лично.

На заседании 29.12.2016 года диссертационный совет принял решение присудить Шнайдеру А.В. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 6 докторов наук по специальности 05.27.02 – вакуумная и плазменная электроника, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 20, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель  
диссертационного совета,  
академик РАН



*Н.А. Ратахин*

Ратахин Н.А.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
доктор физико-математических наук

*В.В. Рыжов*

Рыжов В.В.

«29» декабря 2016 г.