

**РЕШЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА УрФУ 2.4.07.17
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК**

от «19» декабря 2024 г. № 22

о присуждении Бутакову Денису Сергеевичу, гражданство Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Автономные источники питания конденсаторного типа с прямым преобразованием энергии распада радиоизотопов в электричество» по специальности 2.4.9. Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность принята к защите диссертационным советом УрФУ 2.4.07.17 «11» ноября 2024 г. протокол № 21.

Соискатель, Бутаков Денис Сергеевич, 1995 года рождения:

в 2018 г. окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» по специальности 14.05.01 Ядерные реакторы и материалы;

в 2024 г. окончил заочную аспирантуру АО «Высокотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов имени академика А.А. Бочвара» по направлению подготовки 14.06.01 – Ядерная, тепловая и возобновляемая энергетика и сопутствующие технологии, направленность / профиль 05.14.03 – Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации;

работает в должности начальника отдела радиационных технологий АО «Институт реакторных материалов», г. Заречный Свердловской обл.

Диссертация «Автономные источники питания конденсаторного типа с прямым преобразованием энергии распада радиоизотопов в электричество» выполнена в Лаборатории радиоизотопных источников питания Акционерного общества «Институт реакторных материалов» Государственной корпорации «Росатом» (г. Заречный, Свердловская обл.).

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор, Рисованный Владимир Дмитриевич, АО «Научно исследовательский институт Научно-производственное объединение «ЛУЧ», научный руководитель института (г. Подольск, Московская обл.).

Официальные оппоненты:

Родионов Николай Борисович – доктор физико-математических наук, АО «Государственный научный центр Российской Федерации Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований», г. Москва, г. Троицк, отделение физики токамаков – реакторов и токонесущей плазмы, лаборатория проблем физики токамаков, главный научный сотрудник;

Таперо Константин Иванович – доктор технических наук, старший научный сотрудник, АО «Научно-исследовательский институт приборов», г. Лыткарино Московской обл., заместитель генерального директора по науке и инновациям;

Пенязь Милена Алексеевна – кандидат технических наук, АО «Росатом Наука», г. Москва, группа научного руководства, ученый секретарь-руководитель группы

дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 10 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 10 научных работ, из них 4 статьи, опубликованных в рецензируемых научных журналах, определенных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ, включая 3 статьи, проиндексированные в международной базе Scopus; получено 2 патента РФ на изобретения.

Общий объем опубликованных работ по теме диссертации 3,04 п.л., авторский вклад – 1,2 п.л.

Основные публикации по теме диссертации:

статьи, опубликованные в рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ

1. **Butakov, D.S.** Next-Generation Capacitor-Type Nuclear Batteries with Liquid Electrolyte / D. S. Butakov, V. D. Risovanyi, A. I. Kostylev, V. N. Dushin, N. G. Firsin, L. P. Sinel'nikov, V. N. Nikolkin // Atomic Energy. – 2022. – Vol. 132. - №3. – P. 182–186. 0,28 п. л. / 0,2 п. л. (Scopus).

2. **Butakov, D.S.** Sr-doped carbon matrices for use as electrodes in autonomous electrical energy sources / **D. S. Butakov**, A. A. Askarova, V. N. Nikolkin, L. P. Sinel'nikov, V. N. Rychkov // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering. - 2024. - Vol. 335. - №6. - P. 135–142. 0,74 п. л. / 0,24 п. л. (Scopus).

3. **Butakov, D.S.** Optimization of the Technology for Manufacturing the Electrodes for Self-Charging Supercapacitors from Carbon Nanotubes / **D. S. Butakov**, N. V. Keller, V. N. Nikolkin, A. A. Zolotavin, A. A. Askarova, V. Y. Kheynstein // Russian Journal of Electrochemistry. – 2024. – Vol. 60. - №7. –P. 526–531. 0,49 п. л. / 0,15 п. л. (Scopus).

4. **Бутаков, Д.С.** Разработка радиоизотопных автономных источников питания конденсаторного типа с жидким электролитом / **Д.С. Бутаков**, В.Н. Николкин, Н.В. Келлер, А.А. Аскарова, В.Я. Плюхина, В.Д. Рисованный // НОВОЕ В РОССИЙСКОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ. – 2024. - № 6. – С. 21-31. 0,62 п. л. / 0,4 п. л.

патенты

5. Патент РФ № RU 2777413 С1, 03.08.2022. Радионуклидный источник питания суперконденсаторного типа и способ его изготовления // Патент России № 2021127432. 2019. Бюл. №22. А.И. Костылев, Н.Г. Фирсин, Е.А. Печерцева, А.В. Мацкевич, В.Н. Душин, Н.А. Кудряшев, Н.А. Корсакова, С.И. Кузнецов, А.А. Андреева, В.Д. Рисованный, **Д.С. Бутаков**, В.Н. Николкин, Л.П. Синельников, Д.А. Мухортов.

6. Патент РФ № RU 2813372 С1, 12.02.2024. Электрод радиоизотопного источника питания и способ его изготовления // Патент России № 2022133696. 2022. Бюл. №25. **Д.С. Бутаков**, Л.П. Синельников, В.Н. Николкин, А.А. Аскарова, Е.В. Дегтярева, О.К. Зарубина, А.А. Золотавин, Н.В. Келлер, Т.Л. Кузина, В.Я. Плюхина, С.В. Тарасов.

На автореферат поступили отзывы:

1. **Корнилова Дмитрия Александровича**, кандидата физико-математических наук, ученого секретаря АО «Государственный научный центр – научно-исследовательский институт атомных реакторов», г. Димитровград Ульяновской обл. Содержит замечание, касающееся выбора изотопа ^{90}Sr и его влияния на накопление радиационных повреждений и деградацию свойств углеродного электрода, обладающего развитой внутренней структурой.

2. **Кицюка Евгения Павловича**, кандидата технических наук, начальника научно-исследовательской лаборатории перспективных процессов ФГБНУ «НПК «Технологический центр», г. Москва, Зеленоград. Содержит замечания, касающиеся отсутствия данных по результатам испытаний титана на совместное

воздействие ионных жидкостей и ионизирующего излучения; отсутствия объяснения изменения воздействия ионизирующего излучения на ионные жидкости при добавлении пропиленкарбоната, а также отсутствия описания влияния ионизирующего излучения иттрия и стронция на иные материалы в составе источника питания – фторопласт, электропроводящий адгезив и сепаратор.

3. **Курского Александра Семеновича**, доктора технических наук, советника АО «ТВЭЛ» по научно-технической деятельности, г. Москва. Содержит замечания, касающиеся отсутствия в автореферате сравнительных характеристик (по физическим параметрам и геометрическим размерам) радиоизотопных источников питания прямого преобразования радиоактивного распада с радионуклидами $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$, в которых не применяются полупроводниковые структуры, с бета-вольтаическими источниками на основе радиоизотопов ^3H и ^{63}Ni с полупроводниковыми преобразователями из кремния, отсутствия информации о мощности дозы с поверхности источников питания.

4. **Каменецких Александра Сергеевича**, кандидата физико-математических наук, старшего научного сотрудника ФГБУН Институт электрофизики Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург. Содержит замечание, касающееся отсутствия объяснения увеличения выходного напряжения более, чем на 0,2 В и его стабилизации на достигнутом уровне при достижении температуры свыше 80 °С.

5. **Кузнецова Станислава Александровича**, кандидата физико-математических наук, начальника отдела инновационного развития, и **Дымова Дмитрия Валерьевича**, начальника отдела (базового центра) системного проектирования сложной функциональной электронной компонентной базы, бортовой аппаратуры и систем космических аппаратов АО «РЕШЕТНЕВ», ЗАТО Железногорск, Красноярский край. Содержит замечания, касающиеся отсутствия информации о мощности дозы с поверхности радиоизотопного источника питания, а также отсутствия анализа возможности повышения выходных энергетических характеристик автономного источника питания за счет использования альфа-излучающих радиоизотопов (например, ^{238}Pu , ^{241}Am).

6. **Кулакова Геннадия Валентиновича**, кандидата технических наук, директора научно-исследовательского твэльно-топливного отделения АО «Высокотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материа-

лов имени академика А. А. Бочвара», г. Москва. Содержит замечания, касающиеся отсутствия формулировок требований по обращению с автономными радиоизотопными источниками питания, а также комментариев о необходимости более детальных исследований возникающего вторичного тормозного гамма-излучения.

7. **Федорова Евгения Николаевича**, главного научного сотрудника отделения Твэлы и конструкционные материалы, и **Брацука Андрея Владимировича**, научного сотрудника отделения Твэлы и конструкционные материалы АО «НИИ НПО «ЛУЧ», г. Подольск. Содержит замечания, касающиеся отсутствия времени деградации ионных жидкостей под воздействием ионизирующего излучения, комментариев по причинам выбора корпусов для единичных элементов и универсального источника питания, информации по обеспечению защиты персонала выбранными корпусами от воздействия ионизирующего излучения, испускаемого радиоизотопом $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$?

8. **Зайкова Юрия Павловича**, доктора химических наук, профессора, научного руководителя ФГБУН Институт высокотемпературной электрохимии Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург. Содержит замечания, касающиеся отсутствия информации по вопросу возврата, а также утилизации отработавших источников, а также комментариев о необходимости проведения более длительных ресурсных испытаний для экспериментального подтверждения их работоспособности более 10 лет.

9. **Маркова Дмитрия Владимировича**, доктора технических наук, генерального директора АО «Научно-исследовательский институт технической физики и автоматизации», г. Москва. Содержит замечания, касающиеся отсутствия объяснения использования именно углеродного материала в качестве электродного, а также отсутствия информации о пути снижения себестоимости изготовленных источников питания.

Выбор официальных оппонентов обосновывается широкой известностью их достижений и исследований в области радиационного материаловедения и повышения энергетической эффективности объектов, наличием публикаций в ведущих рецензируемых изданиях.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук соответствует п. 9 Поло-

жения о присуждении ученых степеней в УрФУ, является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены новые научно-обоснованные технические решения по разработке автономных радиоизотопных источников питания с прямым преобразованием энергии распада радиоизотопов в электричество, имеющие существенное значение для развития изотопных технологий в России.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

1. Разработаны конструкции автономных радиоизотопных источников питания конденсаторного типа, новые технологии изготовления углеродных электродов, содержащих радиоизотоп $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$, лабораторная технология изготовления автономных радиоизотопных источников питания конденсаторного типа.

2. Впервые на источниках питания прямого преобразования энергии распада в электричество получена удельная мощность при постоянной нагрузке 6 мкВт/см^3 и в импульсном режиме 690 мкВт/см^3 , что существенно превышает зарубежные и российские бета-вольтаические источники питания.

3. Впервые получены экспериментальные данные по испытаниям автономных источников питания конденсаторного типа в диапазоне температур от -65 до $+130 \text{ }^\circ\text{C}$, воздействию внешних радиационных нагрузок до 100 крэд и внешних механических нагрузок.

Практическая значимость работы заключается в следующем:

1. Разработана техническая и технологическая документация на изготовление самозаряжающихся супер-конденсаторов с радиоизотопами $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ и ионными жидкостями.
2. Изготовлено более 300 макетов самозаряжающихся супер-конденсаторов с радиоизотопами $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ и ионными жидкостями.
3. Разработаны программы и методики испытаний на воздействие климатических факторов, внешнего ионизирующего излучения и внешних меха-

нических нагрузок на автономные радиоизотопные источники питания конденсаторного типа.

4. С использованием разработанных в рамках работы радиоизотопных источников питания на основе $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ изготовлен лабораторный образец электронного модуля периодической активации с радиоизотопным источником питания с выходными параметрами- длительность зарядки 10с, длительность импульса 10мс, выходная мощность 24,2 мВт.

На заседании 19 декабря 2024 г. диссертационный совет УрФУ 2.4.07.17 принял решение присудить Бутакову Д.С. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет УрФУ 2.4.07.17 в количестве 18 человек, из них 10 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 18, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета
УрФУ 2.4.07.17



Щеклеин Сергей Евгеньевич

Ученый секретарь
диссертационного совета
УрФУ 2.4.07.17

Ташлыков Олег Леонидович

19.12.2024 г.