

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОПШОНЕНТА

кандидата технических наук Пенязь Милены Алексеевны на диссертацию Бутакова Дениса Сергеевича «Автономные источники питания конденсаторного типа с прямым преобразованием энергии распада радиоизотопов в электричество», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.9. Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность.

Актуальность темы диссертационной работы

Разработка источников питания с высокой энергоемкостью представляет значительный интерес для необслуживаемых автономных электронных систем. На сегодняшний день максимальную энергоемкость имеют химические источники питания, но не стоит и забывать о имеющихся у них недостатках, таких как саморазряд, деградация выходных энергетических характеристик, а также максимально обеспечиваемый срок их службы не превышает 10 лет.

Диссертационная работа Бутакова Д.С. направлена на разработку нового конденсаторного типа источников питания прямого преобразования энергии радиационного распада в электричество. Идея объединения конденсатора и радиоизотопного источника в одном устройстве вполне логична, ведь лидером в области удельной мощности являются устройства конденсаторного типа, но при этом они обладают низким запасом энергии, что не скажешь о радиоизотопном источнике и объединяя эти устройства можно получить уникальный по удельным характеристикам источник питания. Также преимущество разрабатываемого в рамках диссертационной работы батареи конденсаторного типа заключается в снижении стоимости источника питания за счет использования радиоизотопа, являющегося продуктом деления ядерного топлива – $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$.

Исходя из вышеизложенного, выбранная Бутаковым Д.С. тема диссертационной работы является актуальной и перспективной для её дальнейшего практического использования.

Научная новизна исследования

В диссертационной работе Бутакова Д.С. получены следующие результаты, характеризующиеся научной новизной:

1. Разработаны конструкции автономных радиоизотопных источников питания конденсаторного типа, новые технологии изготовления углеродных электродов, содержащих радиоизотоп $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ и 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 °С, в воздействии внешних радиационных нагрузок до 100 крад и внешних механических нагрузок.

Достоверность и обоснованности научных положений и диссертационной работы

Достоверность представленных научных результатов диссертации Бутакова Д.С. обеспечивается применением современного, высокоточного и аттестованного испытательного и аналитического оборудования.

Обоснованность полученных научных результатов достигается благодаря проверки теоретических положений экспериментальными методами, согласованностью полученных научных результатов с уже имеющимися теоретическими положениями и знаниями науки и техники. Необходимо также заметить, что по теме диссертационной работы опубликовано 10 научных трудов, из них 4 статьи в журналах, определенных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ, в том числе 3 статьи в изданиях входящих в международную базу цитирования Scopus, получено 2 патента РФ. Представленные результаты диссертационного исследования были представлены научному сообществу на конференциях, семинарах и форумах.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о достоверности и обоснованности положений, выносимых на защиту.

Характеристика структуры и содержания диссертации

Диссертационное исследование содержит введение, пять глав, заключение, и список литературы из 74 наименований. Диссертация изложена на 148 страницах машинописного текста, содержит 94 рисунка и 38 таблиц.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулирована цель и задачи исследования, отражена значимость, научная новизна, представлены положения выносимые на защиту.

В первой главе представлен обзор литературных данных по классификации автономных радиоизотопных источников питания. Большое внимание в литературном обзоре уделено устройству бета-вольтаических источников питания и самозаряжающихся источников питания конденсаторного типа, а также принципу их действия. В заключении данной главы на основе имеющегося мирового опыта в данном направлении исследований автором приведено обоснование необходимости развития работ по созданию автономных радиоизотопных источников питания конденсаторного типа, а также сформулированы основные научно-технические задачи работы.

Во второй главе автором проведен ряд исследований, направленных на

разработку материалов и конструкции автономного радиоизотопного источника питания конденсаторного типа. В качестве наиболее перспективного радиоизотопа для разрабатываемого источника питания предложено использование $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$. Осуществлен подбор материала корпуса, обладающего необходимой коррозионной стойкостью в химически активной среде (электролит). В качестве основного конструкционного материала выбран титан ВТ 1-0. В качестве электролита в автономном радиоизотопном источнике питания автор предложил применение перспективных ионных жидкостей, обладающих рядом преимуществ, однако, являющихся малоизученными на сегодняшний день. Впервые проведены исследования влияния ионизирующего излучения на её свойства. Ввиду того, что углерод весьма перспективен для электроэнергетических областей применения, в данной главе автором подробно изложен новый подход к технологии синтеза углеродных материалов, меченных радиоизотопами $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$, которые в свою очередь используются для изготовления электрода источника питания. В заключении главы приведены обобщающие конструкторско-технологические решения и методика изготовления радиоизотопного источника питания конденсаторного типа.

В третьей главе представлены результаты определительных испытаний радиоизотопных источников питания, на основании которых были выбраны оптимальные технические решения для изготовления демонстрационных образцов источников питания. Представлены экспериментальные результаты энергетических испытаний демонстрационных образцов источников питания. Автором продемонстрирована структурная схема самозаряжающегося источника питания конденсаторного типа и качественное описание основных физических процессов, протекающих в нем. Сделан вывод о влиянии массовой (объемной) доли углеродной фазы в двухкомпонентном пористом электроде на поток «полезных» вторичных электронов, генерируемых в объеме ионной жидкости, определяющий эффективность преобразования энергии.

В четвертой главе представлены результаты испытаний автономных источников питания для обоснования возможного их использования в электронной компонентной базе. В рамках проведенных исследований проведены механические испытания, ускоренные радиационные и климатические испытания. Показано, что источники демонстрируют устойчивость к воздействию механических, вибрационных, ударных и транспортировочных нагрузок.

В пятой главе автором представлены результаты использования разработанных автономных радиоизотопных источников питания конденсаторного типа для изготовления электронного модуля периодической активации. По результатам проведенных испытаний экспериментально определено значение максимальной выходной мощности в зависимости от длительности импульса. Продемонстрировано, что максимальная выходная мощность изготовленной сборки составила 24,2 мВт, при амплитуде импульса

2,2 В, сопротивлении 200 Ом и скважности 1000.

В заключение сформулированы основные результаты работы, приведены рекомендации и перспективы дальнейшего развития темы исследования.

Вопросы по диссертационной работе

Наряду с отмеченными положительными моментами по рассмотренной диссертации возникли следующие вопросы:

1. Отсутствуют сформулированные в явном виде основные выводы в конце каждой из глав диссертации. Такие выводы приведены только в конце первой главы. Полученные результаты исследований находятся на стыке различных областей науки и имеют большую практическую значимость даже в виде отдельных глав работы.

2. В работе не приведены результаты испытаний, подтверждающих несущественный вклад (или его отсутствие) электрохимической коррозии на величину измеряемого электрического тока. При взаимодействии материала корпуса с коррозионной средой (электролитом) должно происходить его растворение (ионизация) и высвобождение электронов, что и было продемонстрировано в эксперименте по выдержке образцов в емкости, наполненной ионной жидкостью, в течение 60 суток (Рисунок 18).

Заключение

Диссертация Бутакова Дениса Сергеевича на тему «Автономные источники питания конденсаторного типа с прямым преобразованием энергии распада радиоизотопов в электричество», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, является законченной научно-квалификационной работой, посвященной решению важной и актуальной научно-технической задачи по созданию радиоизотопного источника питания. Диссертация содержит научную новизну и практическую ценность, которая подтверждается полученными патентами. Основные положения выносимые на защиту подтверждаются результатами экспериментальных исследований.

Диссертация и автореферат соответствует паспорту специальности 2.4.9. Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность, а именно пункту 2. Разработка экспериментальных методик и экспериментальные исследования в реакторных условиях и вне реакторов свойств и характеристик материалов, конструкций, оборудования и систем с целью выявления закономерностей их изменения в течение жизненного цикла объектов ядерной техники.

Автореферат диссертации Бутакова Д.С. и научные публикации в достаточной степени отражают содержание и результаты диссертационной работы.

Считаю, что работа соответствует требованиям п.9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ, а ее автор, Бутаков Денис Сергеевич,

заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 2.4.9. Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность.

Официальный оппонент:

Ученый секретарь-руководитель группы, группа научного руководства,
АО «Росатом Наука», кандидат технических наук
115035, Москва, Кадашевская набережная, дом 32/2, строение 1


_____ Пенязь Милена Алексеевна

E-mail: MAPenyaz@rosatom.ru
тел.: +7-915-109-61-55

«29» ноября 2024 г.

Подпись к.т.н. Пенязь М.А. заверяю:
Руководитель направления
отдела оплаты труда и трудовых отношений



_____ / Миронова Е.Н.

