

141070

г. Королев

Московской области,

ул. Ленина, 4-а

Телеграфный "ГРАНИТ"

Телефон: (495) 513-86-55

Факс: (495) 513-88-70, 513-86-20, 513-80-20

E-mail: post@rsce.ru

http://www.energia.ru



От 12.12.2016г. № НТ-РКК/106

На № _____

Председателю
диссертационного совета Д 220.009.06
при НИЦ «Курчатовский институт»
доктору технических наук, профессору
Я.И. Штромбах

123182 Москва, пл. Академика Курчатова, д.1

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу Полоуса М.А.

«Методика комплексного трехмерного расчета выходных характеристик электрогенерирующих каналов термоэмиссионных ядерных энергетических установок второго поколения», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.03 – Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации

Диссертационная работа М.А. Полоуса обобщает результаты работ автора в Обнинском филиале МИФИ и ГНЦ РФ – Физико-энергетический институт имени А.И.Лейпунского по созданию и верификации трехмерного программного комплекса для расчета электрофизических характеристик термоэмиссионных сборок реактора-преобразователя и термоэмиссионных лабораторных приборов.

Актуальность диссертационной работы М.А. Полоуса определяется как объектом исследования — перспективными космическими энергетическими установками с термоэмиссионным преобразованием энергии второго поколения повышенной мощности (в разы) и ресурса (на порядок) относительно ЯЭУ «Топаз» и «Енисей», а, следовательно, необходимостью созданию комплекса программ для проведения электрофизических расчетов при проектировании электрогенерирующих каналов (ЭГК) для термоэмиссионного реактора-преобразователя (ТРП) на промежуточных нейтронах нового поколения с

обоснованием оптимальных проектных решений по энергетике и ресурсу с учетом ряда ограничений.

Тема диссертационной работы связана с государственными НИОКР по созданию космических ЯЭУ второго поколения с ТРП на промежуточных нейтронах повышенной мощности, ресурса и безопасности, выполненных в ГНЦ РФ-ФЭИ, в том числе с участием автора диссертации.

Научная новизна исследований и полученных результатов заключается в разработке комплекса новых методик трехмерного расчета электрофизических характеристик ЭГК и лабораторных приборов для исследования ТЭП; новых результатов этих расчетов с получением рекомендаций по оптимальным параметрам ЭГК и режимам исследования ТЭП.

Главное достоинство разработанной методики расчетной оптимизации выходных характеристик термоэмиссионных электрогенерирующих систем (в том числе ЭГК) заключается в возможности полностью трехмерного численного анализа, который, в отличие от одномерных методик, позволяет учитывать реальную геометрию и разнообразие физических свойств материалов моделируемых устройств. Не менее важным достоинством является возможность дальнейшего расширения возможностей разработанной методики путем добавления других мультифизических моделей, например, термомеханики и теплогидравлики.

Конкретно новизна исследований заключается в следующем:

1. Применен новый подход и разработан новый высокоэффективный комплекс алгоритмов и программ для расчета тепловых и электрических характеристик, включая вольт-амперные характеристики, термоэмиссионных ЭГК со сложной геометрией конструктивных элементов и повышенными энергоресурсными требованиями для космических ЯЭУ второго поколения.

2. Впервые разработанный комплекс программ модернизирован для трехмерного расчета электрофизических характеристик ТЭП как физического прибора в составе исследовательского лабораторного стенда.

3. С помощью разработанной методики и комплекса программ проведены расчеты и получены новые результаты в обоснование проектных решений ЭГК термоэмиссионных ЯЭУ второго поколения с учетом реальной геометрической структуры конструкции и разнообразия физических свойств материалов моделируемых устройств;

4. Разработанная программа позволяет моделировать физические процессы электромагнетизма и сопряженного теплообмена в трехмерной геометрии как в пределах одного ЭГЭ, так и внутри коммутационного пространства ЭГК. Впервые получены электрические и тепловые характеристики многоэлементного термоэмиссионного ЭГК в трехмерной геометрии внутри межэлектродного коммутационного пространства;

5. При моделировании лабораторного ТЭП в режиме сопровождения эксперимента сразу строятся расчетные и экспериментальные результаты.

Обоснованность, достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций диссертации подтверждена корректностью использования математического аппарата, тщательным анализом возможной погрешности при выборе аппроксимирующих функций, верификацией программ по результатам экспериментальных исследований ТЭП и испытаний ЭГК. Научные положения и выводы диссертации обоснованы большим объемом проведенных вариантных расчетов и сравнением результатов с имеющимися данными.

Значимость для науки и практики результатов диссертационной работы заключается в следующем:

1. Разработанные модели и разработанный программный код конечно-элементного анализа ЭГК позволяют относительно быстро выполнить трехмерное численное моделирование ЭГК со сложной геометрией конструктивных элементов, в результате разработать рекомендации по выбору оптимальных параметров и режимов работы ТРП и ЯЭУ второго поколения при наличии ряда ограничений;
2. Результаты расчетов набора ЭГК могут позволить оптимизировать структуру активной зоны ТРП на промежуточных нейтронах с определением необходимого количества ЭГК и оптимальным расположением колец ЭГК для заданных исходных данных и соблюдении ряда накладываемых ограничений.
3. Важным практическим достоинством описываемого в работе расчетного кода является возможность прямого использования чертежей ЭГК, выполненных в среде автоматизированного проектирования AutoCAD.
4. Разработанный расчетный код может быть использован для моделирования не только реакторных ЭГК, но и термоэмиссионных элементов и сборок на органическом топливе, а также лабораторных ТЭП с электронагревом.
5. В библиотеке программы представлены химические элементы, минералы, сплавы металлов, окислы, стали, термоизоляторы, полупроводники, оптические материалы, причем для каждого из них в функции температуры содержится 24 ключевых свойства, в том числе тепловые, электромагнитные и механические.

Результаты и рекомендации диссертационной работы М.А. Полоуса использовались в ГНЦ РФ-ФЭИ при обосновании электрофизических характеристик ЭГК, а также для анализа и выбора оптимальных режимов исследований моделей ЭГК в лабораторных экспериментах. Разработанные рекомендации были использованы в АО «Красная Звезда», НИИ НПО «Луч» при проектировании ЭГК и анализе реакторных испытаний ЭГК.

Возможными конкретными путями использования результатов

диссертационной работы и продолжением работ М.А. Полоуса являются:

Модернизация расчетного кода в модель расчета ТРП с учетом типа, особенностей конструкции и нейтронно-физических характеристик для оптимизации структуры активной зоны ТРП и обоснования электрофизических и ресурсных характеристик.

Диссертация содержит введение, 4 главы, заключение и приложения и изложена на 121 странице, включая 46 рисунков и список цитируемой литературы, содержащий 100 наименований.

Диссертация представляет собой завершенную работу, которая опубликована в 6 печатных статьях, в том числе четыре статьи в журналах из Перечня ВАК, а также в ряде тезисов докладов.

Приведенные в диссертации разработки моделей, результаты исследований и рекомендации получены лично автором.

Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертации.

В качестве замечаний к диссертационной работе необходимо отметить следующие:

1. В разделе «математическая модель» диссертационной работы практически отсутствует информация о том, каким образом и на каких элементах конструкции был учтен основной элемент модификации кода – термоэлектронное охлаждение, например, нет описания того, каким образом задана термоэмиссия на межэлектродных коммутационных переключках. Следует отметить, что этот фактор важен для прогноза возможности возникновения так называемых «обратных дуг» со снижением мощности ЭГК и возможной потере работоспособности ЭГК.

2. Из работы не ясно, возможен ли расчет электрофизических параметров ЭГК с учетом процессов переконденсации диоксида урана в процессе работы с соответствующим изменением во времени функции распределения плотности теплового потока с сердечника на эмиттер.

3. Не ясно также, как в конструкции моделируемого ЭГЭ учитывались тепловые потоки по газоотводному устройству в виде трубочки с жиклером в торцевую крышку ЭГЭ.

Эти замечания не снижают общей положительной оценки диссертации и в какой-то мере могут рассматриваться как пожелания проектантов космических средств на базе ядерной энергетики к исследователям и разработчикам космических термоэмиссионных ЯЭУ.


Замечаний к оформлению диссертации нет.

В целом диссертационная работа М.А. Полоуса по актуальности избранной темы, степени обоснованности, достоверности и новизне научных положений, выводов и рекомендаций, значимости для науки и практики, опубликованности основных результатов в научных изданиях, личному вкладу соответствует требованиям Положения о присуждении научным и научно-педагогическим работникам ученых степеней и присвоения научным работникам ученых званий, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация М.А. Полоуса является научно-квалификационной работой, в которой содержится новое решение задачи по разработке методики и программы расчета электрофизических характеристик ЭГЭ, ЭГК и других термоэмиссионных устройств.

Официальный оппонент:

Научный консультант РКК «Энергия»,
доктор технических наук, профессор,
заслуженный изобретатель РФ


19.12.2006

В.В. Синявский

Подпись доктора технических наук, профессора В.В. Синявского
удостоверяю:

ученый секретарь РКК «Энергия», кф-мн



О.Н. Хатунцева