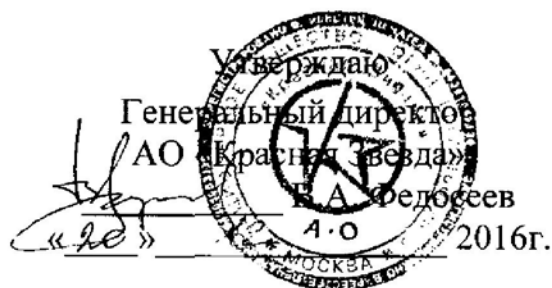




Госкорпорация «Росатом»  
Акционерное общество  
«Красная Звезда»  
(АО «Красная Звезда»)

Электролитный проезд, д.1а  
г. Москва, 115230  
тел: (499) 317-63-09,  
факс: (499) 613-34-88  
e-mail: [info@redstaratom.ru](mailto:info@redstaratom.ru)  
ОГРН 1117746689675  
ИНН/КПП 7726682003 / 772601001  
№211-100.1-08/

на № \_\_\_\_\_



### ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Полоуса М.А. «Методика комплексного трехмерного расчета выходных характеристик электрогенерирующих каналов термоэмиссионных ядерных энергетических установок второго поколения», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.03 – Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации

Рассматриваемая диссертация посвящена актуальной теме, связанной с исследованием и оптимизацией выходных характеристик термоэмиссионных электрогенерирующих каналов (ЭГК) для перспективных ЯЭУ прямого преобразования энергии. В ходе работы автором были получены и обоснованы тепловые и электрические характеристики двух типов термоэмиссионных преобразователей: многоэлементного унифицированного ЭГК и экспериментального термоэмиссионного преобразователя (ТЭП) с использованием высокоэффективных электродных пар материалов эмиттеров и коллекторов в составе представительных эмиттерной и коллекторной оболочек.

**Актуальность** темы диссертации определяется, в первую очередь, проведением в настоящее время проектных работ по созданию перспективных ЯЭУ различного назначения на основе апробированной в космосе наукоемкой термоэмиссионной технологии, а также необходимостью создания современного программного обеспечения для проведения численных расчетов выходных характеристик разрабатываемых ЭГК с использованием математически корректных методов.

**Основная цель** диссертационной работы Полоуса М.А. заключалась в модификации существующих и разработке новых методик численного расчета электрических и тепловых характеристик ЭГК с использованием высокоэффективных электродных пар материалов для обоснования проектных решений термоэмиссионных ЯЭУ нового поколения.

#### Наиболее существенные **результаты**:

– на базе современного программного кода конечно-элементного анализа COMSOL Multiphysics путем введения в состав кода программного блока, описывающего рабочие процессы в термоэмиссионном преобразователе, разработан расчетный код COMSOL-ЭГК, позволяющий выполнять целый ряд расчетов в обоснование проектных решений по созданию многоэлементных ЭГК для термоэмиссионных ЯЭУ нового поколения с учетом реальной геометрической структуры их конструктивных элементов и разнообразия физических свойств материалов проектируемых устройств;

– разработана унифицированная методика математической обработки экспериментальных данных о локальных ВАХ ТЭП, основанная на аппроксимации многомерными функциями содержимого банков экспериментальных данных, которая позволяет автоматизировать процесс поиска оптимальных аппроксимирующих зависимостей и применять их в расчетах выходных характеристик ТЭП и ЭГК по коду COMSOL-ЭГК с минимизацией погрешностей расчета;

– проведен ряд верификационных расчетов тепловых и электрических характеристик экспериментального лабораторного ТЭП и многоэлементного унифицированного ЭГК в составе петлевого канала (ПК) исследовательского реактора ИВВ-2М в трехмерной геометрии с учетом неоднородностей энерговыделения топливной композиции, тепловых потоков конструктивных элементов, полей электрического тока и напряжения.

**Личный вклад** диссертанта в получение вышеупомянутых результатов, как следует из публикаций автора, не вызывает сомнения. Разработанные методы, приведенные выше в качестве основных результатов, выполненные расчетные исследования и представленные в диссертации результаты расчетной оптимизации электротеплофизических характеристик ТЭП и ЭГК в трехмерной геометрии получены лично автором, либо при его непосредственном участии.

Полученные диссертантом результаты обладают **практической значимостью** – решена задача трехмерного численного расчета характеристик ЭГК и ТЭП, включая распределения температуры и потенциала по конструктивным элементам проектируемых устройств, что позволяет выполнять целый ряд оптимизационных расчетов в обоснование проектных решений ЭГК термоэмиссионных ЯЭУ второго поколения, разрабатываемых в АО «ГНЦ РФ-ФЭИ» и других предприятиях, с учетом реальной геометрической структуры их конструктивных элементов, разнообразия физических свойств конструкционных и электродных материалов и использования экспериментальных данных о локальных ВАХ ТЭП, что существенно повышает достоверность получаемых результатов. Следует также отметить, что при дальнейшем развитии разработанного программного кода его возможности могут быть существенно расширены (например, путем добавления новых физических разделов – термомеханики, теплогидравлики и др.) в целях более полного анализа в поддержку проектных решений по созданию термоэмиссионных ЯЭУ второго поколения.

Полученные диссертантом результаты были **использованы** в АО «ГНЦ РФ-ФЭИ»

при реализации программы-методики проведения экспериментов на лабораторном ТЭП. Полученные результаты являются составной частью выполненных по государственному заказу Госкорпорации «Росатом» НИОКР (2012 - 2016 гг.) кооперацией предприятий АО «Красная Звезда», ФГУП «НИИ НПО «Луч» и АО «ГНЦ РФ-ФЭИ». Полученные результаты применяются в текущих проектных работах по созданию космических ЯЭУ второго поколения (ЯЭУ-25, ЯЭУ-50 и др.) и других перспективных НИОКР.

**Основные замечания по диссертации Полоуса М.А.**

1) В диссертации недостаточно полно описан внедренный в состав программы COMSOL расчетный блок, моделирующий процессы в термоэмиссионном преобразователе, кроме описанного в разделе 3 блока для одноэлементного экспериментального ТЭП, не имеющего в тепловом балансе утечки тепла по коммутационным элементам ввиду их отсутствия.

2) Возможности разработанного программного кода COMSOL-ЭГК, построенного на базе экспериментальных локальных ВАХ ТЭП, снятых в рабочей области, позволяют рассчитывать только рабочие режимы и имеют существенные ограничения для задач расчета переходных и аномальных состояний ЭГК. Ограничения также касаются вопроса диагностики и идентификации неопределяемых параметров и состояния ЭГК (например, при сопровождении петлевых испытаний), так как используемые в модели локальные ВАХ предусматривают постоянство и соответствие друг другу характеристик электродов исследуемого ЭГК и экспериментального ТЭП, на котором снимались локальные ВАХ (работы выхода и степени черноты электродов).

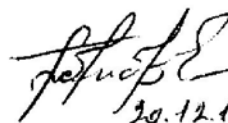
3) Недостатки в оформлении диссертации касаются ряда ссылок не на первоисточники, а на литературу их цитирующую (например, на стр.6 - на литературу [2], на 9 и 27 - на литературу [35], на стр. 85 на литературу [25, 65,66, 88]), не соответствует ссылка на рисунок 30 на стр.86 и на сноски рисунка 26 на стр.87 (на рисунке их просто нет). Текст диссертации в своей содержательной части загроможден информацией (подразделы 1.2 и 4.1, пункты 4.2.1 и 4.2.2), не касающейся темы диссертации


Несмотря на отмеченные недостатки, диссертация Полоуса М.А. выполнена на высоком научном уровне и представляет законченную квалификационную работу.


Научно-технический совет считает, что диссертационная работа Полоуса Михаила Александровича на тему «Методика комплексного трехмерного расчета выходных характеристик электрогенерирующих каналов термоэмиссионных ядерных энергетических установок второго поколения» выполнена на высоком профессиональном уровне, основные результаты отражены в научных публикациях, имеют научную новизну и практическую ценность. Автореферат отражает основные положения диссертации и соответствует ее содержанию. Работа отвечает требованиям ВАК предъявляемым к кандидатским диссертациям, а соискатель Полоус М.А. заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.03 – Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации.

Диссертация и отзыв рассмотрены, и отзыв утвержден на заседании секции №1 Научно-технического совета АО «Красная Звезда» от 20.12.2016 г, протокол заседания № 7.

Председатель секции №1 НТС АО «Красная  
Звезда», главный конструктор,  
Заслуженный конструктор РФ  
Заместитель начальника отдела 115-  
начальник лаборатории, к.т.н  
Ученый секретарь секции №1 НТС, к.т.н.

 П.В. Андреев  
20.12.16

 А.М. Никонов  
20.12.16

 А.С. Казновский  
20.12.16