

## ОТЗЫВ

официального оппонента кандидата технических наук Лапочкина Н.В. о диссертации Полоуса Михаила Александровича «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 Полоуса М.А. «Методика комплексного трехмерного расчета выходных характеристик электрогенерирующих каналов термоэмиссионных ядерных энергетических установок второго поколения» является законченной научно-исследовательской работой и имеет важную научную и практическую значимость для космической ядерной энергетики прямого преобразования энергии. Работа посвящена актуальной теме, связанной с исследованием и расчетной оптимизацией выходных характеристик термоэмиссионных электрогенерирующих каналов (ЭГК), которые проводились в поддержку проектных решений по созданию термоэмиссионной ЯЭУ второго поколения. Автором были исследованы и обоснованы тепловые и электрофизические характеристики двух электрогенерирующих систем - экспериментального лабораторного термоэмиссионного преобразователя (ТЭП) с цилиндрической геометрией электродов (электрофизический стенд УСП-4, АО «ГНЦ РФ-ФЭИ») и унифицированного многоэлементного термоэмиссионного ЭГК в составе петлевого канала СКАТ-6-7 исследовательского реактора ИВВ-2М (АО «ИРМ», г. Заречный) - с использованием дискретных экспериментальных данных о вольтамперных характеристиках (ВАХ) ТЭП. Для численного расчета характеристик ТЭП/ЭГК автором был разработан и верифицирован программный код, названный автором COMSOL-ЭГК, позволяющий проводить полное трехмерное численное моделирование электрических и тепловых характеристик термоэмиссионных электрогенерирующих систем сложной геометрии. Одна из важных составляющих разработанного кода - унифицированная методика математической обработки и последующего использования в расчете характеристик ЭГК дискретных экспериментальных данных о ВАХ ТЭП, основанная на аппроксимации многомерными функциями содержимого банков экспериментальных данных. Разработанная методика автоматизирует процесс поиска оптимальных с точки зрения величины погрешности аппроксимирующих функций и, таким образом, оптимизирует задачу расчета теплоэлектрофизических характеристик ЭГК при использовании дискретных экспериментальных ВАХ ТЭП. Таким образом, **тему диссертации можно безусловно считать актуальной**, особенно принимая во внимание проводимые в настоящее время проектные работы по созданию ЭГК для термоэмиссионных космических ЯЭУ второго поколения, а также наземных энергетических установок (ЭУ) с ядерным или неядерным нагревом эмиттеров.

Разработки автора нашли практическое применение при реализации программы-методики проведения экспериментов на лабораторном ТЭП, а также при расчетах тепловых и электрофизических характеристик в обоснование проектных решений вновь разрабатываемых ЭГК, в том числе для новых схем ЯЭУ прямого преобразования энергии космического и наземного применения. Следует также отметить, что при дальнейшем развитии разработанного программного кода его возможности могут быть расширены

путем добавления программных блоков для трехмерного численного расчета теплогидравлических и нейтронно-физических процессов в ЭГК и термоэмиссионном реакторе-преобразователе (ТРП) в целом, что позволит в перспективе верифицировать или частично заменить дорогостоящий и длительный натурный эксперимент численным. Поэтому не вызывает сомнений **практическая направленность и ценность представленной работы.**

Диссертационная работа Полоуса М.А. обладает необходимыми элементами научной новизны как в разработанных методиках, так и полученных результатах. **Научная новизна результатов исследований диссертанта** заключается в следующем:

- разработан и применен новый подход к решению задачи численного расчета тепловых и электрических характеристик термоэмиссионных ЭГК для ЯЭУ различного назначения путем перехода от одномерных методик к полностью трехмерному математическому расчету с учетом неравномерностей;

- с помощью разработанной методики проведен целый ряд расчетов в обоснование проектных решений ЭГК и ТРП, при этом впервые получены поля распределения температуры и электрического потенциала внутри межэлектродного коммутационного пространства многоэлементного ЭГК;

- новый подход обеспечивает повышение достоверности получаемых результатов, т.к. позволяет учитывать реальную геометрическую структуру конструктивных элементов и разнообразие тепловых и электрических свойств используемых конструкционных и электродных материалов ТЭП и ЭГК;

- разработанный программный код позволяет проводить расчетную оптимизацию экспериментально неизмеряемых параметров и характеристик ЭГК.

Разработанные методы, выполненные расчетные исследования и представленные в диссертации результаты получены лично автором, либо при его непосредственном участии, таким образом **личный вклад автора** в представленную работу является определяющим.

**Апробация основных результатов диссертации** проведена на авторитетных семинарах и научно-технических конференциях, а также были опубликованы четыре статьи в научных журналах из перечня ВАК. Поэтому можно сделать вывод о достаточной апробации основных материалов и результатов диссертации.

**Достоверность приведенных в диссертации результатов** обоснована применением классических алгоритмов решения краевых задач математической физики с помощью широко известного метода конечных элементов, реализованного в разработанном программном коде, использованием современных экспериментальных данных о ВАХ ТЭП, большим объемом проведенных вариантных расчётов, а также сравнением полученных результатов с ранее опубликованными данными при достаточной их корреляции, с экспериментальными результатами испытаний ТЭП на стендах с электронагревом и ЭГК в петлевом канале СКАТ-6-7.

Работа, представленная Полоусом М.А. на соискание ученой степени кандидата наук, свидетельствует о высокой квалификации автора. Тем не менее, она не лишена недостатков.

- Некоторые суждения автора недостаточно аргументированы. А именно, приводится следующее утверждение «...разработанный программный код позволяет

существенно снизить временные затраты при проведении расчетов электротеплофизических характеристик ЭГК...», тогда как за счет чего достигается снижение временных затрат явно не указано, ведь усложнение расчетных моделей и переход от одномерного к трехмерному расчету предполагает лишь увеличение процессингового времени.

- Описание математической модели многоэлементного ЭГК представлено недостаточно подробно, так из текста невозможно сделать вывод о том, учтены ли в методике расчета эффекты утечки тока через анодную электроизоляцию и влияние азимутальной неравномерности эмиссионных характеристик на электрическую мощность и максимальную температуру эмиттера ЭГК.


- В работе проведен недостаточно полный сравнительный анализ полученных автором результатов с экспериментальными данными петлевых испытаний ЭГК - в работе не представлен сравнительный анализ для форсированного режима работы ЭГК.

При этом указанные недостатки не снижают научной и практической ценности диссертационной работы. В целом диссертация, выполненная Полоусом М.А., представляет собой логически завершенное квалификационное исследование с достаточной научной новизной, посвященное актуальной теме и имеющее практическое приложение. В результате выполненной работы решена важная завершенная научно-техническая задача, являющаяся необходимым этапом решения мультифизической задачи обоснования характеристик ЭГК в составе термоэмиссионных ЯЭУ и при проведении проектных работ для ЯЭУ прямого преобразования энергии второго поколения различного назначения.

Диссертация Полоуса Михаила Александровича соответствует требованиям Положения ВАК, а ее автор, по моему мнению, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.03 – «Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации».

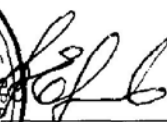
Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертации.

Официальный оппонент,  
Главный конструктор отделения НТЦ «Исток»  
ФГУП «НИИ НПО «ЛУЧ»,  
кандидат технических наук, СНС

  
Н.В. Лапочкин

Подпись Н.В. Лапочкина удостоверяю  
Ученый секретарь института,  
кандидат технических наук, СНС



  
В.П. Ермаченко