

## О Т З Ы В

официального оппонента на диссертационную работу Шпаковского Александра Александровича «Разработка методики расчета теплогидравлических характеристик тепловыделяющих сборок с трубчатыми твэлами», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальностям 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника, 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы

Диссертационная работа Шпаковского А.А. посвящена разработке методики расчета теплогидравлических характеристик тепловыделяющих сборок с трубчатыми твэлами на основе модели эквивалентного кольцевого канала. Важность решения данной проблемы обусловлена приближением возможностей повышения удельной мощности водоохлаждаемых реакторов со стержневыми твэлами к своему пределу.

Одним из способов увеличения теплосъема с тепловыделяющих сборок является увеличение поверхности теплообмена. При сохранении габаритов реактора теплообменную поверхность можно увеличить за счет использования трубчатых твэлов, в которых теплосъем осуществляется как с наружной, так и с внутренней стороны. Идея использования трубчатых твэлов не нова. Такие твэлы применялись на Белоярской АЭС (реакторы АМБ), однако при эксплуатации энергоблоков происходило неоднократное разрушение тепловыделяющих сборок.

Теплогидравлический расчет трубчатых твэлов в настоящее время выполняется по методикам для гладких труб, что не совсем корректно. Безусловно, существуют методы расчета теплообмена и в коаксиальных каналах, но они пригодны только для однофазных теплоносителей. Между тем, при движении теплоносителя в тепловыделяющей сборке с трубчатыми твэлами происходят межфазные переходы, которые необходимо учитывать. Поэтому решаемая автором проблема является важной и актуальной.

Работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка используемой литературы. Полный объем диссертационной работы составляет 123 страницы, включая 46 рисунков и 7 таблиц. В библиографии приводится 113 наименований работ отечественных и зарубежных авторов.

Введение содержит обоснование актуальности рассматриваемой темы,

формулировку цели работы и задач исследования, а также выносимые на защиту положения.

В первой главе представлен обширный обзор существующих методов расчета теплогидравлических характеристик и кризиса теплоотдачи на выпуклых и вогнутых поверхностях, расчета температур теплоотдающих поверхностей в области конвективного теплообмена, поверхностного и развитого кипения. На основе обзора литературы делается заключение о необходимости создания методики расчета критических тепловых потоков на выпуклой поверхности при малых размерах кольцевой щели, модели для расчета кризиса теплоотдачи в области дисперсно-кольцевого режима течения при различных граничных условиях на теплоотдающих поверхностях.

Вторая глава посвящена разработке методики расчета кризиса теплоотдачи на выпуклой теплоотдающей поверхности. Заложенные в нее принципы аналогичны предложенным Э.А. Болтенко подходам к расчету критических тепловых потоков на вогнутой теплоотдающей поверхности. Обоснованность такого решения автора связана с идентичностью тепломассообменных процессов и механизма кризиса теплоотдачи на вогнутых и выпуклых поверхностях. При разработке методики расчета рассматривались: пузырьковый, дисперсно-кольцевой, дисперсный и переходные режимы течения. Для каждого режима течения получены поправочные функции, позволяющие осуществить переход от расчетных зависимостей для вогнутой поверхности к зависимостям для выпуклой поверхности и коаксиального канала с малым межтрубным зазором.

В третьей главе исследуется развитие кризиса теплоотдачи в области дисперсно-кольцевого режима течения. Автор утверждает, что массообменные процессы для выпуклых и вогнутых поверхностей одинаковы и делает ряд допущений, на основе которых определяет расход жидкости в пристенной пленке на выпуклой поверхности. Полученное уравнение для расхода жидкости позволяет прогнозировать наступление кризиса теплоотдачи исходя из условия полного истощения пристенной пленки.

Для учета необогреваемых участков на теплоотдающей поверхности автор вводит зависимость для определения расхода жидкости в пристенной пленке в условиях гидродинамически равновесного течения двухфазной

среды. Зависимость получена на основе обработки представленных в литературе экспериментальных данных.

В четвертой главе описывается методика расчета теплогидравлических характеристик тепловыделяющей сборки с трубчатыми твэлами. Разработанный автором алгоритм расчета реализован в виде прикладной программы FUTEI и протестирован с использованием экспериментальных данных, полученных на кольцевых щелях малого диаметра. В завершение главы выполнен расчет и сопоставление теплогидравлических характеристик трубчатых и стержневых твэлов.

Полученные результаты показывают, что запасы до кризиса теплоотдачи для трубчатого твэла более чем в два раза превышают запасы для стержневого твэла, то есть трубчатые твэлы являются более перспективными с точки зрения энергонапряженности и безопасности.

В заключение приводятся основные результаты и выводы.

Обоснованность и достоверность представленных к защите результатов обеспечивается использованием классических и апробированных методов расчета, удовлетворительным согласованием полученных результатов с данными физического эксперимента и расчетами других авторов, физически правомерных допущениях.

Научная новизна представленного в диссертации материала заключается в разработке методик расчета кризиса теплоотдачи на выпуклой теплоотдающей поверхности, развития кризиса теплоотдачи в области дисперсно-кольцевого режима течения, расхода жидкости в пристенной пленке в условиях гидродинамически равновесного течения двухфазной среды и создании на этой основе методики расчета теплогидравлических характеристик тепловыделяющей сборки с трубчатыми твэлами.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в том, что разработанные методики могут быть использованы для проектирования и оптимизации режимов работы тепловыделяющих сборок реакторов АЭС.

Замечания по диссертационной работе:

- 1) Автор не приводит метод получения поправочных функций для перехода от расчетных зависимостей для вогнутой поверхности к зависимостям для выпуклой поверхности.
- 2) В разделе 1.3.1 приводится вывод уравнения расхода жидкости в пленке, который более уместен в содержательной части диссертации.

- 3) Диссертантом разработана программа для расчета теплогидравлических характеристик тепловыделяющих сборок FUTEI, однако автор не приводит данных о верификации программы, погрешности расчета при ее использовании и границ применимости.
- 4) Объем обзорной главы слишком велик: он составляет более 50% всей диссертации.
- 5) Рисунки 3.2 и 3.3 идентичны рисункам 2.1 и 2.2.

Высказанные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертации. Работа является законченной и содержит новое решение актуальной задачи о расчете теплогидравлических характеристик трубчатых твэлов. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Основные результаты работы опубликованы в двух статьях в журналах, рекомендованных ВАК, и обсуждались на двух конференциях российского уровня. Автореферат в целом отражает содержание диссертации.

Диссертация удовлетворяет требованиям ВАК Российской Федерации, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор - Шпаковский Александр Александрович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальностям 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника, 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы.

Официальный оппонент  
Душин Николай Сергеевич  
кандидат технических наук, нс  
420111, Российская Федерация,  
Республика Татарстан, г.Казань, а/я 190,  
ул. Лобачевского, д.2/31,  
Исследовательский центр проблем  
энергетики Федерального  
государственного бюджетного  
учреждения науки Казанский научный  
центр РАН,  
научный сотрудник лаборатории  
гидродинамики и теплообмена  
8(843)2363311, [ndushin@bk.ru](mailto:ndushin@bk.ru)  
10.12.2014




### Сведения об официальном оппоненте

по диссертации Шпаковского Александра Александровича  
«Разработка методики расчета теплогидравлических сборок с  
трубчатыми твэлами», представленной по специальностям 01.04.14 –  
«Теплофизика и теоретическая теплотехника», 01.02.05 – «Механика  
жидкости, газа и плазмы» на соискание ученой степени кандидата  
технических наук,

Фамилия, имя, отчество	Душин Николай Сергеевич
Дата и год рождения	12.12.1982
Гражданство	Российская Федерация
Ученая степень (с указанием шифра специальности научных работников, по которой защищена диссертация)	Кандидат технических наук, специальность 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы»
Ученое звание (по кафедре, специальности)	нет
Почтовый индекс, адрес, телефон, web – сайт, электронный адрес организации	420111, Казань, а/я 190, ул. Лобачевского, д. 2/31 Тел./факс (843) 273-92-31 <a href="http://www.acadenergo.ru">http://www.acadenergo.ru</a>
Полное наименование организации в соответствии с уставом	Исследовательский центр проблем энергетики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Казанский Научный Центр РАН (Академэнерго)
Наименование подразделения (кафедра/лаборатории)	Лаборатория гидродинамики и теплообмена
Должность	Научный сотрудник
Список основных публикаций официального оппонента за последние пять лет по теме диссертации (не более 15 публикаций)	1. N.S. Dushin, A.N. Mikheev, N.I. Mikheev, V.M. Molochnikov. Experimental setup for visualization of pulsating turbulent flows // Instruments and Experimental Techniques. 2014, Vol. 57, Issue 4, pp. 499-502. 2. Зарипов Д.И., Михеев Н.И., Душин Н.С. Метод моделирования течения жидкости в разветвленных каналах // Изв. Вузов. Авиационная техника. 2013.– №1.– С.23- 27. 3. Давлетшин И.А., Душин Н.С., Михеев Н.И. Вихревая структура пристеночного течения при обтекании поперечных

	<p>выступов пульсирующим потоком // Современная наука: исследования, идеи, результаты, технологии. Сборник научных статей. Выпуск 2(10). – Киев: «НПВК Триакон», 2012. - С.200-206.</p> <p>4. Душин Н.С., Михеев Н.И., Зарипов Д.И. Возбуждение автоколебаний потока в разветвленном канале для управления интенсификацией теплообмена в турбулентной отрывной области // Тепловые процессы в технике. 2011. Т.3, №12. С.531-536.</p> <p>5. Михеев Н.И., Душин Н.С., Зарипов Д.И. Пульсации потока в области разветвления канала // Труды Академэнерго. 2011. №2. – С.24-32.</p> <p>6. Михеев Н.И., Кратиров Д.В., Душин Н.С. Моделирование нестационарных процессов в газотранспортных системах // Газовая промышленность. – 2010. №3 (643). С.50-52.</p>
--	--

Официальный оппонент, к.т.н., нс  Душин Н.С.

Секретарь Ученого совета  
ИЦПЭ КазНЦ РАН,  
к.т.н.

 Камалов Р.Ф.

« 11 » декабря 2014 г.

М.П.



Председателю диссертационного  
совета Д212.079.02,  
д.т.н., профессору Ю.Ф. Гортышову

Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего  
профессионального образования  
«Казанский национальный  
исследовательский технический  
университет им. А.Н.Туполева-КАИ»  
(КНИТУ-КАИ)

Уважаемый Юрий Федорович!

Я, Душин Николай Сергеевич, к.т.н., научный сотрудник  
Исследовательского центра проблем энергетики ФГБУН Казанский научный  
центр РАН подтверждаю свое согласие выступить официальным оппонентом  
по диссертации Шпаковского Александра Александровича на тему  
«Разработка методики расчета теплогидравлических сборок с трубчатыми  
ТВЭлами», представленной на соискание ученой степени кандидата  
технических наук по специальностям: 01.04.14 – «Теплофизика и  
теоретическая теплотехника», 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и  
плазмы».

Кандидат технических наук, научный  
сотрудник Исследовательского центра  
проблем энергетики ФГБУН Казанский  
научный центр РАН

 Н.С. Душин

