

ОТЗЫВ

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

Актуальность темы диссертационной работы.

Повышение мощности реакторных установок атомных электростанций возможно только при эффективном обеспечении безопасности, что в частности предполагает эффективный теплосъем в тепловыделяющих сборках. Интенсификация теплосъема в существующих конструкциях сборок требует дополнительных финансовых вложений, что приводит к удорожанию АЭС. Решение проблемы возможно за счет использования тепловыделяющих сборок в трубчатыми твэлами, в которых осуществляется двусторонний теплосъем, значительно увеличивается поверхность теплосъема.

В настоящее время применение таких конструкций сдерживается отсутствием надежных методик расчета их теплогидравлических характеристик. В связи с этим, актуальность выбранной темы исследований не вызывает сомнений.

Цель и задачи исследования. Целью работы являлось создание методики расчета теплогидравлических характеристик и кризиса теплоотдачи тепловыделяющих сборок реакторных установок, в которых используются твэлы трубчатого типа. Методика должна обеспечивать удовлетворительную точность расчетов, что позволит использовать ее для обоснования альтернативных схем теплосъема при проектировании тепловыделяющих сборок. В непосредственные задачи исследования входила разработка методик расчета кризиса теплоотдачи на выпуклой поверхности трубчатого твэла, в том числе в области дисперсно-кольцевого режима, а также методики расчета расходов жидкости в пристенной пленке на теплоотдающих поверхностях трубчатого твэла.

Научная новизна результатов заключается в том, что впервые получены методики расчета, адекватно описывающие теплогидравлические характеристики и кризис теплоотдачи на выпуклой поверхности трубчатых твэлов, что позволило создать комплексный метод определения теплогидравлических характеристик реакторных установок с трубчатыми твэлами. В число разработанных методик входят: методика расчета критических тепловых потоков на выпуклой теплоотдающей поверхности трубчатого твэла; методика

расчета кризиса теплоотдачи в области дисперсно-кольцевого режима течения на основе пленочной модели, методика расчета расхода жидкости в пристенной пленке в области дисперсно-кольцевого течения и кризиса теплоотдачи на выпуклой поверхности. Сопоставление результатов расчета по предложенным методикам с экспериментальными данными показало их хорошее совпадение.

Достоверность научных положений и обоснованность выводов подтверждается хорошим совпадением результатов расчета по предложенным моделям с имеющимися в литературе экспериментальными данными, а также использованием в процессе моделирования фундаментальных законов в области теории теплообмена и механики жидкости и газа.

Практическая значимость работы заключается в следующем:

– Разработана обобщенная методика расчета тепловыделяющих сборок реакторных блоков атомных электростанций, сделавшая возможным обоснование теплогидравлических характеристик альтернативных схем сборок с трубчатыми твэлами.

– Разработанная методика обеспечивает повышенную точность определения запасов до кризиса теплоотдачи на выпуклых поверхностях современных реакторных установок.

– Разработанные методики реализованы в программном продукте FUTEI для определения теплогидравлических характеристик реакторных установок с трубчатыми твэлами.

– разработанные методики использованы для расчета характеристик водо-водяных реакторных установок типа ВВЭР-440, 1000 и PWR.

Структура диссертации

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка использованных литературных источников из 113 наименований. Объем диссертации составляет 123 страницы текста, содержит 46 рисунков и 7 таблиц.

Во введении сформулированы цель работы, ее научная новизна и практическая значимость. На основе анализа существующих схем тепловыделяющих сборок сделан вывод о невозможности дальнейшего повышения их тепловой мощности. Рассмотрена альтернативная схема с использованием трубчатых твэлов, где теплосъем осуществляется как с наружной, так и с внутренней поверхности. Указано, что использования альтерна-

тивной схемы с трубчатыми твэлами необходимо создание надежной методики расчета их теплогидравлических характеристик.

В первой главе рассмотрены теоретические основы расчетов теплосъема с наружной и внутренней поверхностей трубчатых твэлов для различных режимов течения теплоносителя и теплообмена с тепловыделяющей поверхностью. Обосновывается использование модели эквивалентного кольцевого канала, согласно которой вся внутренняя и наружная поверхность тепловыделяющей сборки заменяется соответствующими внутренней и наружной поверхностями одного трубчатого элемента.

Автором выполнен подробный обзор существующих методик расчета теплогидравлических характеристик и кризиса теплоотдачи на внутренних и наружных поверхностях трубчатого элемента в различных областях теплообмена при кипении в условиях вынужденного течения, включая зоны конвективного теплообмена, поверхностного и развитого кипения, при различных режимах течения двухфазной смеси.

Автором показано, что известные из литературы источники позволяют с удовлетворительной точностью рассчитать температуры поверхностей, критические тепловые потоки и кризис теплоотдачи, лишь для вогнутых теплоотдающих поверхностей, но применение их для расчета плотности критического теплового потока на выпуклой поверхности при малой ширине кольцевого зазора приводит к значительным погрешностям, а расчет кризиса теплоотдачи на выпуклой поверхности в настоящее время невозможен вообще. Кроме того, не существует моделей, позволяющих с достаточной точностью рассчитать условия возникновения теплоотдачи при дисперсно-кольцевом режиме течения. Выводы, сделанные по первой главе, легли в основу сформулированных задач исследования.

Вторая глава посвящена разработке методики расчета критических тепловых потоков на выпуклой поверхности трубчатого твэла. На основе анализа известных экспериментальных данных по критическим тепловым потокам на выпуклой и вогнутой поверхностям твэла выявлена идентичность тепломассообменных процессов и механизма кризиса теплообмена. Это позволило использовать имеющиеся зависимости для вогнутой поверхности для расчета критических тепловых потоков на выпуклых теплоотдающих поверхностях с учетом поправочных функций. Автором работы получены поправочные функции для различных режимов (пузырькового, дисперсно-кольцевого и дисперсного), функции, учитывающие величины давления, длины до места возникновения кризиса, взаимовлияния поверхностей при малой ширине кольцевого канала, а также зависимости для определения границ режимов. Сопоставление результатов расчета по предложенной

методике при различных значениях паросодержания с расчетами по методикам других авторов и экспериментальными данными, показало, что предложенная методика обладает большей точностью.

В третьей главе разработана методика расчета кризиса теплоотдачи для выпуклой теплоотдающей поверхности трубчатого твэла на основе пленочной модели. Автором получено уравнение в безразмерном виде для определения расхода жидкости в пленке на выпуклой теплоотдающей поверхности, зависящего от плотности теплового потока. Уравнение учитывает испарение жидкости и перенос жидкой фазы из пленки в ядро потока пара и обратно. Критический тепловой поток может быть определен из уравнения при выполнении условия полного высыхания пленки, т.е. при расходе жидкости в пленке равном 0.

Проведено сравнение расчетной зависимости критического теплового потока от массового паросодержания с экспериментальными данными и расчетом по методикам Левитана, Домашева и Судницина. Сравнение показало, что методика автора более точно описывает экспериментальные данные.

В четвертой главе автором решена задача о распределении расхода жидкости между вогнутой и выпуклой теплоотдающей поверхностью в приближении эквивалентного кольцевого канала. Принято допущение о равенстве потерь давления в кольцевом канале и трубе, и в результате из уравнений расхода и Дарси получено выражение для определения расходов жидкости в кольцевом канале и трубе. Расходы зависят от коэффициентов трения и местного сопротивления в каналах при различных режимах течения. Определены температурные режимы тепловыделяющего элемента с двусторонним теплосъемом.

Описаны алгоритм и программа расчета теплогидравлических характеристик реакторных установок FUTEI. Программа использована для расчета теплогидравлических характеристик трубчатых твэлов водо-водяных реакторных установок типа ВВЭР-440, ВВЭР-1000, РWR. Выявлены возможности увеличения запаса до кризиса теплоотдачи реакторов с трубчатыми твэлами.

Основные результаты исследования докладывались и обсуждались на юбилейной конференции «Проблемы термоядерной энергетики и плазменные технологии» (Москва, 2009 г.) и на VIII школе-семинаре молодых ученых и специалистов имени академика РАН В.Е. Алемасова (Казань, 2012 г.).

По результатам работы опубликованы четыре печатных работы, в том числе две статьи в журналах, входящих в перечень изданий, рекомендованных ВАК Министерства

образования и науки РФ для публикации материалов диссертаций на соискание степеней кандидата и доктора наук.

Результаты диссертационной работы будут полезны при разработке и обосновании новых схем тепловыделяющих сборок реакторных установок атомных электростанций. Результаты диссертации могут использовать специалисты научно-исследовательских и проектных организаций, занимающиеся проектированием реакторных установок, учебных заведений, осуществляющих подготовку студентов по данному профилю, в том числе: Восточно-Европейский головной научно-исследовательский и проектный институт энергетических технологий (ОАО «Головной институт «ВНИПИЭ», г. Санкт-Петербург); Всероссийский научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт атомного энергетического машиностроения (ОАО «ВНИИАМ», г. Москва); ОАО «Санкт-Петербургский научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт «Атом-энергопроект»; Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва; Обнинский институт атомной энергетики НИЯУ МИФИ; Институт ядерной энергетики (филиал) Санкт-Петербургского государственного политехнического университета; Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н.Туполева.

Замечания по работе:

1) При сопоставлении результатов расчета по разработанным методикам и методикам других авторов с экспериментальными данными приводится лишь качественная картина на графиках, а численные значения расхождений эксперимента и теории приведены лишь для методик автора, и то не во всех случаях (рис. 2.1, 2.2, 3.2, 3.3). В этом случае трудно судить о том, насколько автору настоящего исследования удалось повысить точность по сравнению с методиками других авторов.

2) К сожалению, при рассмотрении практических аспектов использования результатов работы (разделы 4.4, 4.5) автором не приводятся экономические показатели, связанные с внедрением трубчатых ТВЭЛов, увеличением запасов до кризиса теплоотдачи и т.п.

3) Автором диссертационной работы разработана программа расчета теплогидравлических характеристик сборок с трубчатыми ТВЭлами FUTEI. Для закрепления и подтверждения авторских прав полезно было бы получить свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. В диссертации отсутствуют документы, подтверждающие практическое использование результатов работы.

4) В диссертации и автореферате имеются опечатки. На рисунке 1.5 (стр.21) имеется частичное несоответствие подрисуночных подписей рисунку. У рис.1.6 (стр.24) подри-

суточные подписи отсутствуют. Далеко не все буквенные обозначения в диссертации и автореферате расшифрованы. Все это затрудняет чтение диссертационной работы.

5) Формулировки задач исследования в тексте диссертации (стр. 58) и тексте автореферата (стр. 2) не совпадают между собой.

Заключение.

По актуальности, научной новизне и практической значимости диссертация Шпаковского А.А. отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатской диссертациям. В диссертации на современном уровне решена проблема создания метода расчета перспективных тепловыделяющих сборок атомных электростанций с трубчатыми ТВЭлами.

Опубликованные работы и автореферат полностью соответствуют содержанию кандидатской диссертации.

Диссертация отвечает п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней и является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения и разработки, имеющие существенное значение для атомной энергетики страны, а ее автор Шпаковский Александр Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальностям 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника, 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы.

Официальный оппонент

Зав. кафедрой «Оборудование пищевых производств» ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», доктор технических наук, профессор

Николаев Андрей Николаевич,
420015, г. Казань, ул. К.Маркса, 68,
ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»,
Кафедра «Оборудование пищевых производств»,
тел. 8(843)-231-43-61
e-mail: andr_nik_nik@rambler.ru

А.Н. Николаев



12.01.2015 г.

СВЕДЕНИЯ ОБ ОФИЦИАЛЬНОМ ОППОНЕНТЕ

по диссертации Шпаковского Шпаковского Александра Александровича «Разработка методики расчета теплогидравлических характеристик теплообменников с трубами в виде спиралей» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника и 01.02.05. – Механика жидкости, газа и плазмы

№ п/п	Фамилия, имя, отчество	Год рождения, гражданство	Место основной работы (с указанием организации, города), должность	Ученая степень (с указанием шифра специальности научных работников, по которой защищена диссертация)	Ученое звание (по специальности, кафедре)	Основные работы, опубликованные в рецензируемых научных журналах
1	2	3	4	5	6	7
	Николаев Андрей Николаевич	1961 г.р., гражданин РФ	ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, заведующий кафедрой	доктор технических наук, 11.00.11 – охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов	профессор по кафедре оборудования пищевых производств	<p>1) <i>Дмитриева О.С., Дмитриев А.В., Николаев А.Н.</i> Распределение оборотной воды в рабочей зоне вихревой камеры с дисковым распылителем для увеличения эффективности процесса охлаждения // Химическое и нефтегазовое машиностроение, 2014, №3, С.21-24.</p> <p>2) <i>Николаев А.Н., Вахитов М.Р., Нуртдинов Н.М.</i> Центробежное осаждение частиц в полых вихревых аппаратах при очистке газовых выбросов пищевых производств // Вестник Казанского технологического университета, 2014, Т.17, №22, С. 254-256.</p> <p>3) <i>Дубков И.А., Дубкова А.И., Николаев А.Н.</i> Исследование хемосорбции при прямомочном течении газа и плёнки жидкости в гидродинамических каналах // Вестник Казанского технологического университета. 2014, Т.17, №19, С. 263-266.</p> <p>4) <i>Харьков В.В., Николаев А.Н.</i> Численное исследование траекторий движения капель в</p>

	<p>вихревом аппарате для концентрирования фруктовых соков // Вестник Казанского технологического университета. 2014, Т.17, №16, С. 191-193.</p> <p>5) <i>Вахитов М.Р., Хакимова Ю.А., Дубкова А.И., Дубков И.А., Николаев А.Н.</i> Очистка газовых выбросов в плёночных аппаратах // Вестник Казанского технологического университета, 2014, Т.17, №1, С. 103-105.</p> <p>6) <i>Дмитриева О.С., Дмитриев А.В., Николаев А.Н.</i> Вихревая камера с дисковым распылителем для охлаждения оборотной воды промышленных предприятий // Экология и промышленность России. 2013. Вып.6. С.16-18.</p> <p>7) <i>Дмитриев А.В., Дмитриева О.С., Николаев А.Н.</i> Определенные характерные параметры вихревых камер с дисковым распылителем для охлаждения оборотной воды // Промышленная энергетика. 2013. № 8. С. 32-36.</p> <p>8) <i>Дмитриева О.С., Дмитриев А.В., Николаев А.Н.</i> Разработка теплообменного устройства для контакта газа и жидкости в вихревом потоке для систем оборотного водоснабжения // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т.16. №3. С. 63-65.</p> <p>9) <i>Дмитриев А.В., Дмитриева О.С., Николаев А.Н.</i> Повышение эффективности очистки газовых выбросов путем установки пневмогидравлических распылителей в аппараты с интенсивным взаимодействием фаз. Экология и промышленность России. 2012, в.5, с. 16-18.</p> <p>10) <i>Дмитриев А. В., Дмитриева О.С., Николаев А.Н.</i> Особенности охлаждения оборотной воды в вихревых камерах в зимний период // Экология и промышленность России. – 2012. – № 9. – С. 12-13.</p>
--	---

11) Дмитриев, А. В., Дмитриева О.С., Николаев А.Н.
Перспективы использования вихревых камер для
охлаждения оборотной воды промышленных
установок // Промышленная энергетика. – 2012. – №
10. – С. 31-34.



А.Н. Николаев

24.12.2014 г.



Николаев АН

ИЗДАНО	2014
УЧ. ЗАДАНИЕ	
ИЗДАТЕЛЬСТВО «КНИТУ»	
С.А. Давыдов	