



НИИАР
РОСАТОМ

ОРГАНИЗАЦИЯ АО «НАУКА И ИННОВАЦИИ»

**Акционерное общество
«Государственный научный центр –
Научно-исследовательский институт
атомных реакторов»
(АО «ГНЦ НИИАР»)**

Западное шоссе, д. 9, г. Димитровград,
Ульяновская область, 433510
Телефон (84235) 9-83-83, факс (84235) 9-83-84
E-mail: niiar@niiar.ru
ОКПО 20553876, ОГРН 1087302001797
ИНН 7302040242, КПП 732901001

10.11.2021 № 64-1000/13114

На № _____ от _____

О направлении отзыва на автореферат

Федеральное государственное
бюджетное учреждение науки
Институт проблем безопасного
развития атомной энергетики
Российской академии наук
(ИБРАЭ РАН)

Ученому секретарю
Диссертационного Совета Д 002.070.01

Калантарову В.Е.

ул. Б. Тульская, д. 52
115191, г. Москва

Уважаемый Валентин Евграфович!

Направляю Вам отзыв к.т.н. Алексева Александра Вениаминовича на автореферат диссертации Юдова Юрия Васильевича «Численное моделирование теплогидравлических процессов в циркуляционных контурах реакторных установок с водяным теплоносителем», представленной на соискание учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.14 «Теплофизика и теоретическая теплотехника».

Приложение: Отзыв на автореферат – на 3 л. в 2 экз.

Заместитель директора –
научный руководитель

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
СВЕДЕНИЯ О СЕРТИФИКАТЕ ЭП
Сертификат: 02feebba0 095ace08 2479c8bf bb21994c2
Владелец: Ижutow Алексей Леонидович
Действителен с 18.12.2020 по 18.03.2022

А.Л. Ижutow

Корнилов Дмитрий Александрович
(84235) 79181



ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Юдова Юрия Васильевича
«Численное моделирование теплогидравлических процессов в
циркуляционных контурах реакторных установок с водяным
теплоносителем», представленной на соискание учёной степени доктора
физико-математических наук по специальности
01.04.14 - Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Отмечена актуальность создания расчётной программы для численного моделирования теплогидравлических процессов в двухфазных потоках циркуляционных контуров реакторных установок (РУ) с водо-водяными энергетическими реакторами (ВВЭР) в аварийных режимах с разгерметизацией первого контура. Победителем тендера Отраслевого центра Минатома России признана программа для ЭВМ КОРСАР, разрабатываемая с 1996 г. во ФГУП "НИТИ им. А.П.Александрова" (г. Сосновый Бор), отдельные оригинальные модели и алгоритмы которого вынесены на защиту данной диссертационной работы.

Наличие неконденсирующихся газов (НГ) в нерастворенном виде в контуре циркуляции существенно влияет на теплофизические свойства парогазовой среды, а также приводит к снижению интенсивности межфазных тепломассообменных процессов. В результате создается газовый барьер для подвода пара к межфазной поверхности при конденсации и отвода пара от межфазной поверхности при испарении. В диссертации представлена разработанная автором и программно реализованная в РК КОРСАР методика учета переноса в фазах и влияния на межфазный тепломассообмен НГ.

Автором диссертационной работы разработана программа DINUS для прямого численного моделирования (DNS) теплогидравлических процессов в тепловыделяющих сборках реакторов. С помощью этой программы определяют коэффициенты межъячеечного турбулентного перемешивания для ТВС с треугольной упаковкой с учетом влияния дистанционирующих решеток.

В диссертации решены 7 задач, среди которых - разработка методики учета поведения неконденсирующихся компонентов в двухжидкостной модели двухфазных потоков без привлечения дополнительных замыкающих соотношений, создание объединённой одно- и трехмерной программы (CFD) для моделирования теплоносителя в напорной камере реактора ВВЭР и трубопроводах, верификация программы КОРСАР/CFD при трехмерном моделировании напорной камеры ВВЭР, а также несколько улучшений численных алгоритмов.

Выполнена верификация программы КОРСАР/CFD на основе экспериментальных данных процессов перемешивания теплоносителя в напорной камере. В процессе верификационных расчетов установлено существенное влияние условий ввода теплоносителя в напорную камеру на формирование профиля фронта температуры либо концентрации борной кислоты на входе в активную зону при возмущениях из холодных ниток.

Для многосеточного метода КОРСАР/CFD выполнен анализ сходимости при измельчении расчетной сетки.

Проведена апробация программы DINUS на тестовых задачах с течением установившегося турбулентного потока между параллельными пластинами и через сборку стержней с треугольной упаковкой и их верификация по экспериментальным данным, полученным на натурной гидравлической модели кассеты активной зоны реактора ВВЭР-440.

Автор диссертации внес определяющий вклад в обоснование и выбор замыкающих соотношений для теплогидравлической модели на основе анализа, модификации приведенных в литературе методик и корреляций.

Положения, выносимые на защиту: методика расчета поведения неконденсирующихся газов в пароводяном теплоносителе, полунявная численная схема интегрирования уравнений сохранения многокомпонентной двухжидкостной модели и ее реализация в программе КОРСАР.

Практическое применение включало обоснования безопасности ряда реакторных установок АЭС с ВВЭР (перечислены в автореферате) для которых использована программа КОРСАР.

Замечания

1. На стр. 4 написано «наличие неконденсирующихся газов в контуре циркуляции существенно влияет на теплофизические свойства парогазовой среды ...», правильно «наличие неконденсирующихся газов в нерастворённом виде ...».

2. Не приведены данные, используется ли рекомендованная зависимость Ким-Чанга для коэффициент межъячеечного турбулентного перемешивания для ТВС для двухфазных режимов в программе КОРСАР/CFD (верификация сделана для однофазного), или метод DNS используется для двухфазных режимов.

3. В п.4 научной новизны написано об безытерационном методе расчета поля давления в разветвленных контурах циркуляции. При этом не приводится способ линеаризации уравнений при учете баланса массы. Это существенно, так как при

турбулентном режиме перепад давления пропорционален квадрату скорости, а поток массы - скорости (нелинейная система).

4. На стр.21 приведены результаты расчетов эксперимента с пленочной конденсацией, но нет результатов измерений.

5. В публикации 45 по теме диссертации орфографическая ошибка - «КОРСАО».

Рекомендуется к защите (если это нужно в этом отзыве).

Алексеев Александр Вениаминович



кандидат технических наук,

старший научный сотрудник Акционерного общества «Государственный научный центр – Научно-исследовательский институт атомных реакторов» (АО «ГНЦ НИИАР»)

433510, Ульяновская область, г. Димитровград, Западное шоссе, д. 9

Телефон +7 905 348 1846.

e-mail: radugka2@mail.ru

Подпись к.т.н. Алексеева Александра Вениаминовича заверяю:

Ученый секретарь АО «ГНЦ НИИАР»



 Д.А. Корнилов

9.11.2021г.