



ОКБМ  
АФРИКАНТОВ  
РОСАТОМ

ОРГАНИЗАЦИЯ АО «АТОМЭНЕРГОМАШ»  
**Акционерное общество  
«Опытное Конструкторское Бюро  
Машиностроения  
имени И. И. Африкантова»  
(АО «ОКБМ Африкантов»)**

Бурнаковский проезд, д. 15,  
г. Нижний Новгород, 603074

Почтовый адрес:

Бокс № 772, Нижний Новгород, 603950  
Телефон (831) 275-26-40, факс (831) 241-87-72

E-mail: okbm@okbm.nnov.ru

ОКПО 08624579, ОГРН 1085259006117

ИНН 5259077666, КПП 525901001

11.11.2021 № НП-11.5/26135-48

На № 11407101-1575 от 14.10.2021

Об отзыве на автореферат

Уважаемый Валентин Евграфович!

Направляю Вам отзыв на автореферат диссертации Юдова Ю.В. на тему «Численное моделирование теплогидравлических процессов в циркуляционных контурах реакторных установок с водяным теплоносителем», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Приложение: Отзыв на автореферат на 2-х листах.

Главный ученый секретарь  
АО «ОКБМ Африкантов»,  
д.т.н.

А.М. Бахметьев

Носков Алексей Сергеевич  
(831) 246-97-75



## Отзыв

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

Диссертационная работа Ю.В. Юдова посвящена численному моделированию теплогидравлических процессов двухфазных потоков в переходных и аварийных режимах работы РУ с ВВЭР. **Актуальность работы** определяется необходимостью реалистичной оценки теплогидравлических процессов при расчетном обосновании безопасности РУ с ВВЭР, снижения консерватизма и повышения точности численного моделирования.

**Научная новизна** работы заключается в разработке и реализации в коде КОРСАР методики учета влияния неконденсирующихся газов на процессы межфазного тепломассообмена в двухжидкостной модели пароводяного потока. Методика описывает совместное диффузионное и термическое сопротивление на межфазной границе на основе метода аналогии процессов тепло- и массообмена для различных механизмов межфазного тепломассообмена (испарение и конденсация пара, растворение газа в воде и газовыделение).

Разработана полунейная численная схема расчета динамики многокомпонентных двухфазных потоков с использованием оригинального алгоритма коррекции полунейной численной схемы интегрирования по времени уравнений сохранения двухжидкостной многокомпонентной модели.

Разработана и реализована методика объединения по полунейной численной схеме в мономатричном варианте расчета поля давления одномерной двухжидкостной модели системного теплогидравлического кода с трехмерной CFD моделью. Трехмерная модель программно реализована в виде CFD-модуля как типового элемента нодализационной схемы кода КОРСАР/CFD.

### **Практическая значимость работы:**

Системные теплогидравлические коды КОРСАР/ГП и КОРСАР/BR, учитывающие поведение неконденсирующихся компонентов в двухжидкостной модели двухфазных потоков, имеют обширную верификацию, аттестованы Ростехнадзором и широко используются при обосновании безопасности реакторов ВВЭР и реакторов блочной и интегральной компоновки разработки "ОКБМ Африкантов", включая РУ типа РИТМ.

Разработан и внедрен в код КОРСАР однофазный трехмерный CFD-модуль для моделирования пространственных процессов смешения потоков в напорных камерах РУ с ВВЭР. Выполнено тестирование и верификация кода КОРСАР/CFD со всеми нововведениями по результатам экспериментов.

Разработан специализированный код DINUS для прямого численного моделирования теплогидравлических процессов в тепловыделяющих сборках с учетом влияния дистанционирующих решеток.

По автореферату отмечены следующие замечания и рекомендации:

1. В автореферате представлено мало данных о верификации кода КОРСАР по эффектам неконденсирующегося газа. Следует отметить вклад специалистов "ОКБМ Африкантов" в разработку методики расчета, замыкающих соотношений для учета неконденсирующегося газа, подготовку экспериментальных данных и верификацию кода



КОРСАР в части расчета поведения неконденсирующегося газа. Наиболее полная верификация по эффектам поведения неконденсирующегося газа выполнена в составе версии кода КОРСАР/BR для реакторов блочной и интегральной компоновки разработки АО "ОКБМ Африкантов".

2. Результаты выравнивания скоростей и коэффициента турбулентного перемешивания в ТВС с учетом влияния ДР приводятся для малых  $Re=10000-50000$ . Было бы полезно дать результаты для рабочего диапазона  $Re=300000-500000$ .

3. Не представлено определение коэффициента турбулентного перемешивания  $\beta_T$  для тепловыделяющей сборки. Отсутствует информация о сеточной сходимости задачи моделирования коэффициентов межъячейкового турбулентного перемешивания.

Указанные замечания не снижают значимость и положительную оценку выполненной работы.

### Заключение

Диссертационная работа Ю.В. Юдова является завершенным научным исследованием на актуальную тему, соответствующим квалификации д.ф.-м.н. по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника. Автореферат диссертации «Численное моделирование теплогидравлических процессов в циркуляционных контурах реакторных установок с водяным теплоносителем» соответствует предъявляемым требованиям. Автор диссертации, Юрий Васильевич Юдов, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук.

Цо. Начальник департамента  
научно-технического  
обоснования проектов  
АО «ОКБМ Африкантов», к.т.н.

  
9.11.21

Большухин Михаил Александрович

Заместитель начальника отдела  
АО «ОКБМ Африкантов», к.т.н.



Фальков Александр Алексеевич  
([afalkov@okbm.nnov.ru](mailto:afalkov@okbm.nnov.ru))

Ведущий инженер-конструктор  
АО «ОКБМ Африкантов»

  
09.11.21

Носков Алексей Сергеевич  
([noskov@okbm.nnov.ru](mailto:noskov@okbm.nnov.ru))

Подписи Большухина М.А., Фалькова А.А. и Носкова А.С. заверяю:

Главный ученый секретарь  
АО «ОКБМ Африкантов»



 Бахметьев Александр Михайлович