



Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский
университет «МЭИ» (ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»)
111250, г. Москва,
вн.тер.г. муниципальный округ Лефортово,
ул. Красноказарменная, д. 14, стр. 1
Тел.: (495) 362-75-60, факс: (495) 362-89-38
E-mail: universe@mpei.ac.ru
<https://mpei.ru>

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по науке и инновациям
ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»,

Д.Т.Н.

Комаров И.И.



2024 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу

Томащика Дмитрия Юрьевича

«Модуль CONT_TH для расчета теплогидравлических параметров атмосферы в герметичном ограждении РУ с водяным теплоносителем при тяжелых авариях», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.9 – Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность

Актуальность темы и взаимосвязь с планами соответствующих отраслей науки и народного хозяйства

Вероятностный анализ безопасности АЭС требует рассмотрения широкого спектра тяжелых аварий (ТА), при этом особое внимание уделяется обоснованию локализирующих функций герметичного ограждения (ГО) по удержанию радиоактивных веществ. Поэтому расчетное средство, используемое для этой цели, должно не только моделировать реакторную установку (РУ), но и в своем составе содержать расчетный модуль для описания процессов в ГО. Именно созданию такого модуля для интегрального кода СОКРАТ была посвящена диссертационная работа Д.Ю. Томащика.

Код СОКРАТ, который был разработан в Институте проблем безопасного развития атомной энергетики РАН и постоянно совершенствуется силами сотрудников этой организации, используется для обоснования безопасности

АЭС с ВВЭР при ТА. Наличие в его составе расчетного модуля для описания теплогидравлических процессов в ГО для АЭС с ВВЭР позволяет проводить согласованные расчеты в системе РУ – ГО. Использование встроенного модуля вместо внешнего «контейментного» кода позволяет упростить создание входных наборов и обеспечить выполнение вариантных расчетов для анализа неопределенности через общую систему контроля и управления кода СОКРАТ.

Всё вышесказанное определяет актуальность рассматриваемой диссертационной работы.

Новизна исследования и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Новизна диссертационной работы заключается в том, что впервые в рамках единого подхода к моделированию процессов для интегрального кода СОКРАТ обеспечен согласованный расчет теплогидравлических параметров РУ и ГО реакторов с водяным теплоносителем. Решен вопрос о согласовании свойств теплоносителя для контурной гидравлики и в ГО, в том числе в метастабильных областях.

Автором диссертации получены новые научные и практические результаты:

- Впервые разработана модель течения газовой фазы, учитывающая импульс, передаваемый газу за счет процессов теплообмена;
- Разработана универсальная модель спринклера, учитывающая тепловое взаимодействие капель с конструкциями ГО и перемешиваемость газовой фазы каплями спрея;
- Развита модель образования и разрушения стратифицированных слоев за счет плавучести и импульса, не требующая усложнения пространственной дискретизации входных наборов;
- Модель реализована в коде СОКРАТ в виде модуля CONT_TH.

**Значимость для науки и производства (практики)
полученных автором диссертации результатов**

Практическая значимость диссертационной работы Д.Ю. Томащика заключается в том, что модуль CONT_TH в составе кода СОКРАТ-В1/В2 в 2022 г. был аттестован для расчета давления, температуры и состава газовой атмосферы в помещениях ГО и используется для моделирования протекания запроектных аварий на энергоблоках АЭС с ВВЭР. Сопряжение теплогидравлических моделей CONT_TH с моделями поведения радиоактивных веществ в ГО позволило получить реалистичные оценки выбросов при обосновании безопасности более чем 10 проектов энергоблоков ВВЭР на территории России и за рубежом в рамках ВАБ второго уровня, а также в задачах аварийного реагирования.

**Обоснованность и достоверность научных положений,
выводов и заключений**

Достоверность результатов диссертационной работы обоснована использованием квалифицированной информации из различных отраслей науки и техники, взаимно дополняющей и подтверждающей принятые решения, результатами верификации и валидации разработанных моделей и модуля в целом на большом количестве аналитических тестов и экспериментальных данных, результатами кросс-верификации с аттестованным CFD кодом STAR-CCM+, аттестацией кода СОКРАТ с модулем CONT_TH в Ростехнадзоре.

**Оценка содержания диссертации, ее завершенность в целом,
замечания по диссертации**

Диссертационная работа выполнена на высоком научно-техническом уровне и представляет собой логически завершенный научный труд, а выносимые на защиту положения обладают научной новизной и в достаточной степени обоснованы. В диссертации решена задача разработки модуля для кода СОКРАТ, который выполняет численное моделирование теплогидравлического отклика атмосферы ГО на аварийное событие. Она имеет существенное значение

для обеспечения предприятий атомной отрасли отечественным расчетным инструментом, позволяя выполнять согласованный расчет протекания ТА в системе РУ – ГО на АЭС с водяным теплоносителем.

Диссертационная работа Д.Ю. Томащика не дает оснований для принципиальных критических замечаний, поскольку она синтезирует современный уровень знаний по данной тематике, и можно утверждать, что разработанный им расчетный модуль CONT_TH является новым шагом в развитии кодов с сосредоточенными параметрами, предназначенных для моделирования теплогидравлики ГО. Диссертация написана неформальным живым русским языком, что выгодно её отличает от многих работ, использующих сухой формальный стиль изложения. Видно, что диссертацию писал увлечённый этой темой человек, который детально проанализировал все нюансы исследуемой проблемы. Тем не менее, по работе можно сделать ряд замечаний различного характера.

Замечания:

1). В конце 90-х годов в ЭНИЦ в рамках ряда международных проектов был сооружен крупномасштабный интегральный стенд БК-В/213 для исследования эффективности барботажно-вакуумной системы локализации аварии на АЭС с ВВЭР-440/213. Полученные на стенде опытные данные были использованы для валидации кодов с сосредоточенными параметрами типа COCOSYS. Было бы полезно использовать эти данные для валидации модуля CONT_TH с целью определения его возможностей для моделирования теплогидравлических процессов в системе герметичных помещений АЭС с ВВЭР-440.

2). В диссертации довольно отчетливо прослеживается тренд на использование предельно грубых нодализационных схем, при которых тем не менее получаются приемлемые по точности результаты. Современные вычислительные мощности снимают проблему временных затрат на проведение расчетов кодами с сосредоточенными параметрами на весьма детальных нодализационных схемах. Грубые нодализации всегда чреваты возможностью «пропустить» те или иные физические эффекты или взаимодействие физических

эффектов. На наш взгляд, эта важная проблема недостаточно полно обсуждается в диссертации.

3). В третьей главе диссертации отсутствует описание каких-либо деталей CFD моделирования (расчетная сетка, модели турбулентности и т.п.). Было бы желательно их привести в диссертации, что укрепило бы доверие к численным результатам, полученным CFD кодом.

4). В диссертации отсутствует обзор литературы по данной тематике. Некоторой (далеко не полной) заменой является раздел «Степень разработанности», изложенный на четырех страницах во Введении. Полновесный обзор литературы, которому могла бы быть посвящена отдельная глава диссертации, более убедительно показал бы место данного исследования в общем потоке работ по этой тематике и его соответствие мировому уровню.

5). В работе имеются немногочисленные опечатки. Например, на странице 44 есть предложение «Вместо водорода в экспериментах в целях безопасности **использоваляься** гелий.» В тексте второй главы при ссылках на рисунки очень часто указывается просто номер рисунка без слова «рисунок».

Конечно, отмеченные замечания не снижают общую высокую положительную оценку диссертационной работы.

Соответствие автореферата основным положениям диссертации

Автореферат диссертационной работы Томащика Д.Ю. полностью соответствует основным положениям диссертации и в полном объеме отражает основное содержание работы, выводы и рекомендации.

Подтверждение опубликованных основных результатов диссертации в научной печати

Все результаты диссертационного исследования опубликованы, докладывались на российских и международных конференциях и подробно изложены в списке публикаций автора.

**Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным
Положением о порядке присуждения ученых степеней**

Таким образом, диссертационная работа Томащика Дмитрия Юрьевича «Модуль CONT_TH для расчета теплогидравлических параметров атмосферы в герметичном ограждении РУ с водяным теплоносителем при тяжелых авариях» является научно-квалификационной работой, которая содержит описание математических моделей теплогидравлического модуля и описание функционала элементов для построения расчетных схем. В диссертации приведены результаты валидации модуля на современных экспериментах высокого качества и результаты численного анализа теплогидравлического отклика ГО АЭС с ВВЭР-1000 при ТА, инициированной большой течью теплоносителя первого контура в сравнении с результатами расчетов по аттестованному для моделирования распространения, накопления и удаления водорода внутри ГО CFD коду STAR-CCM.

Диссертационная работа Томащика Дмитрия Юрьевича «Модуль CONT_TH для расчета теплогидравлических параметров атмосферы в герметичном ограждении РУ с водяным теплоносителем при тяжелых авариях» соответствует паспорту специальности 2.4.9 – «Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность» и отвечает требованиям п.п. 9–11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. Автор диссертационной работы Томащик Дмитрий Юрьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.9 – «Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность».

Отзыв составлен на основании положительного заключения заседания кафедры атомных электрических станций (протокол № 07/2024 от 03.07.2024) по результатам рассмотрения диссертации и автореферата, а также личного выступления Томащика Д.Ю.

Кафедра атомных электрических станций (АЭС)

Зав. кафедрой АЭС

к. г. н.



Хвостова Марина Сергеевна

Профессор кафедры АЭС

д.т.н.



Проскуряков Константин Николаевич

Доцент кафедры АЭС

к.т.н.



Воробьев Юрий Борисович

Подписи Хвостовой М.С., Проскурякова К.Н., Воробьева Ю.Б. заверяю

ЗАМЕСТИТЕЛЬ НАЧАЛЬНИКА
УПРАВЛЕНИЯ ПО РАБОТЕ С ПЕРСОНАЛОМ
В.И. ПОЛЕВАЯ



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Адрес: 111250, Москва, ул. Красноказарменная, д.14

Тел.: +7(495) 362-70-01, +7(495) 362-75-60

Электронная почта: universe@mpei.ru

Сайт: <http://www.mpei.ru>