

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИБРАЭ РАН
Доктор физико-математических наук
Л.В. Матвеев
2024 г.



Заключение

Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института проблем безопасного развития атомной энергии Российской академии наук
(ИБРАЭ РАН)

Диссертация «Модуль CONT_TH для расчета теплогидравлических параметров атмосферы в герметичном ограждении РУ с водяным теплоносителем при тяжелых авариях» выполнена в Отделении анализа безопасности ядерных энергетических установок.

В период подготовки диссертации соискатель Томашик Дмитрий Юрьевич работал в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте проблем безопасного развития атомной энергии Российской академии наук в Отделении анализа безопасности ядерных энергетических установок в должности старшего научного сотрудника.

В 1993 г. Д.Ю. Томашик с отличием окончил Московский инженерно-физический институт по специальности ядерные реакторы и ядерные энергетические установки, ему присвоена квалификация инженера-физика.

По результатам обсуждения диссертации Д.Ю. Томашика «Модуль CONT_TH для расчета теплогидравлических параметров атмосферы в герметичном ограждении РУ с водяным теплоносителем при тяжелых авариях» принято следующее заключение.

Диссертация Д.Ю. Томашика выполнена на высоком научном уровне, в ней решена важная для атомной отрасли научно-техническая задача разработки модуля численного анализа теплогидравлического поведения атмосферы герметичных ограждений (ГО) для кода СОКРАТ.

Цель диссертационной работы состояла в обеспечении предприятий атомной отрасли отечественным расчетным инструментом, позволяющим выполнять согласованный расчет протекания тяжелых аварий (ТА) в системе первый контур – ГО на АЭС с водяным теплоносителем.

Личный вклад соискателя заключается в том, что им:

– разработаны все материалы, составляющие основу представленной диссертации, начиная от постановки задачи и до обоснования приемлемости полученных результатов моделирования явлений на объектах разного масштаба;

– выполнен анализ феноменологии и взаимной зависимости протекающих процессов с выделением наиболее «узких» мест при моделировании, обычно возлагаемых на пользователей;

– проведена квалификация экспериментальных данных, необходимых для валидации совокупности физических моделей.

При непосредственном участии соискателя получены следующие результаты:

- разработана матрица валидации модуля CONT_TH и выполнен соответствующий ей большой объем валидационных исследований на установках различного масштаба, включая выполнение оценок погрешностей, результаты этой работы вошли в Отчет о верификации и валидации кода СОКРАТ-В1/В2;

- по коду СОКРАТ выполнены расчеты ТА для ВАБ-2 энергоблоков ВВЭР-440 проектов В-179 и В-213, ВВЭР-1000 проектов В-338 и В-320, ВВЭР-ТОИ, включая анализ внутрикорпусной фазы аварии, теплогидравлического поведения ГО и получение источников радиоактивных веществ (РВ) в окружающей среде.

Достоверность полученных результатов и выводов диссертационного исследования подтверждается:

- использованием информации из различных отраслей науки и техники, взаимно дополняющей и подтверждающей принятые решения;

- детализацией моделирования различных процессов и степени их взаимосвязи на основе анализа влияния на целевые параметры расчета;

- результатами верификации и валидации разработанных моделей и модуля в целом на большом количестве аналитических тестов и экспериментальных данных, полученных в экспериментах по исследованию отдельных явлений и интегральных экспериментах на установках среднего и большого масштаба с большим количеством помещений;

- результатами кросс-верификации с аттестованным CFD кодом на примере ТА «большая течь первого контура с отказом активных систем безопасности» на АЭС с РУ ВВЭР-1000;

- аттестацией кода СОКРАТ с модулем CONT_TH в Ростехнадзоре.

Научная новизна заключается в том, что в работе впервые:

- в рамках единого подхода по моделированию процессов для интегрального кода СОКРАТ реализован 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;

- разработана модель течения газовой фазы, учитывающая импульс, передаваемый газу за счет процессов теплообмена;

- развита модель образования и разрушения стратифицированных слоев за счет плавучести и импульса, не требующая усложнения пространственной дискретизации расчетной области, ее использование формализовано в оригинальной методике построения расчетных схем;

- разработана универсальная модель спринклерной системы, учитывающая взаимодействие капель с конструкциями и ограничение перемешиваемости газовой фазы каплями спрея;

- разработана и проверена на экспериментальных данных универсальная методика моделирования теплообменника-конденсатора с использованием базовых теплогидравлических моделей модуля.

Практическая ценность состоит в том, что результаты, полученные в ходе диссертационного исследования, позволили:

– аттестовать модуль CONT_TH в составе кода СОКРАТ-В1/В2 для расчета давления, температуры и состава газовой атмосферы в помещениях ГО при запроектных авариях, включая тяжелые аварии, на энергоблоках АЭС с ВВЭР;

– провести сопряжение теплогидравлических моделей CONT_TH с моделями поведения РВ в ГО и получить реалистичные оценки выбросов РВ при обосновании безопасности энергоблоков ВВЭР-440 проектов В-179 и В-213, ВВЭР-1000 проектов В-338 и В-320, ВВЭР-ТОИ в рамках ВАБ второго уровня, а также в задачах аварийного реагирования.

Разработанные автором модели расчета теплогидравлических параметров могут использоваться в составе других программ для ЭВМ, предназначенных для расчета давления, температуры и состава газовой атмосферы в помещениях ГО РУ с водой под давлением.

Материал диссертации с достаточной полнотой изложен в 10 печатных работах (из них 4 в ведущих реферируемых отечественных и зарубежном журналах из списка ВАК при Минобрнауки России). По результатам диссертационного исследования получено одно свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Диссертация «Модуль CONT_TH для расчета теплогидравлических параметров атмосферы в герметичном ограждении РУ с водяным теплоносителем при тяжелых авариях» Д.Ю. Томашика рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.9 - Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность.

Заключение принято на заседании Отделения анализа безопасности ядерных энергетических установок ИБРАЭ РАН.

На заседании присутствовало 20 человек. Результаты голосования: «за» - 20 человека, «против» - 0 человек, «воздержалось» - 0 человек, протокол № 4 от 16.05.2024.

Заместитель заведующего отделением анализа безопасности
ядерных энергетических установок ИБРАЭ РАН

доктор физико-математических наук  Семенов Владимир Николаевич