

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, начальника отдела нестандартных теплотехнических измерений АО «Электрогорский научно-исследовательский центр по безопасности атомных электростанций»
Болтенко Эдуарда Алексеевича

на диссертацию 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»

Диссертационное исследование посвящено созданию для тяжелоаварийного кода СОКРАТ теплогидравлического модуля с целью обеспечения согласованного расчета в системе первый контур ↔ герметичное ограждение (ГО) при тяжелых авариях на АЭС с водяным теплоносителем.

Актуальность темы в достаточной мере обоснована и обусловлена необходимостью учета взаимовлияния процессов между контурной теплогидравликой и теплогидравликой ГО АЭС с согласованием описывающей их системы уравнений и используемых свойств теплоносителя в рамках единого расчета по коду СОКРАТ для повышения реалистичности расчетных данных, а также ограниченностью аттестованных российских контейментных кодов при расчете параметров, необходимых для моделирования поведения радиоактивных веществ ГО при тяжелых авариях.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и списка использованных литературных источников. Текстовая часть сопровождается иллюстративным материалом в необходимом объеме. Структура диссертации согласуется с поставленными задачами и вопросов не вызывает.

Во введении отражена актуальность темы исследования, сформулированы цели и задачи работы, научная новизна, положения, выносимые на защиту, личный вклад автора, практическая ценность результатов, методология и методы исследования, достоверность и обоснованность результатов работы, приведены сведения об апробации результатов работы.

В первой главе диссертации приведено описание модели, предназначенной для расчета давления, состава газовой фазы, температур воды, парогазовой среды и поверхности стен в моделируемых помещениях ГО. Показаны основные отличия модельного наполнения CONT_TH от «типовых» отечественных и зарубежных контейментных кодов, использующих подход с сосредоточенными параметрами. Для заимствованных моделей приведена ссылочная база, для вновь разработанных автором

механистических моделей – их подробное описание с приведением системы уравнений и экспериментальная база для валидации. Полнота и адекватность моделируемых процессов подтверждается аттестацией модуля CONT_TH в составе кода СОКРАТ-В1/В2 для расчета давления, температуры и состава газовой атмосферы в помещениях ГО. Автор приводит функционал элементов для построения расчетных схем, достаточный для моделирования системы связанных помещений произвольной топологии и учета работы систем безопасности, в том числе перспективных для АЭС с ВВЭР и атомных станций малой мощности. В конце главы 1 кратко перечислены преимущества модуля и приведен список обозначений.

Во второй главе рассмотрен пример валидации модели на серии экспериментов высокого пространственного разрешения. Для экспериментов обоснована прототипность, приведено описание измеряемых параметров. Изложено описание динамики протекающих процессов, их иерархическая зависимость с выделением доминирующих. Описаны нодализационные схемы различного уровня детализации, удовлетворяющие разработанной методике построения. Показано хорошее соответствие расчетных результатов экспериментальным данным как на фазах истечения теплоносителя, так и при работе различных систем безопасности. Особое внимание уделено динамике образования и разрушения стратифицированных слоев газовой фазы. Приведено сопоставление с кодами-аналогами, выполнена оценка отклонений расчетных результатов по различным методикам. В выводах по главе подтверждена реалистичность описания протекающих процессов при вдуве пара и легкого газа а также эффекта работы систем безопасности, используемых для управления тяжелыми авариями на корпусных РУ с водяным теплоносителем

В третьей главе приведена апробация модуля CONT_TH в составе кода СОКРАТ для расчета вариантов развития тяжелой аварии на АЭС с ВВЭР-1000. Для этого совместно со специалистами ВНИИАЭС по открытым источникам разработана геометрическая модель типового ГО РУ ВВЭР-1000 и по коду СОКРАТ получены источники воды, пара и неконденсируемых газов в ГО на внутрикорпусной фазе тяжелой аварии. Проведена кросс-верификация динамики изменения давления в ГО и состава газовой среды, полученных по коду СОКРАТ, с результатами расчетов по аттестованному для моделирования распространения, накопления и удаления водорода внутри ГО CFD коду STAR-CCM+. Сопоставление теплогидравлического отклика ГО показало, что расчетные динамики изменения давления и распределения пара и водорода по помещениям ГО, полученные по модулю CONT_TH и аттестованному CFD коду STAR-CCM+ близки. Оба кода прогнозируют возможность прямой либо инверсной стратификации водорода в зависимости от принимаемых мер по управлению аварией.

В заключении диссертационного исследования приведено обобщение результатов выполненных исследований в соответствии с поставленными задачами.

Достоверность результатов диссертационного исследования обоснована учётом современного уровня знаний.

Практическая значимость работы. Показано, что данная разработка имеет существенное значение для обеспечения предприятий атомной отрасли отечественным

расчетным инструментом, позволяя выполнять согласованный расчет протекания тяжелых аварий в системе первый контур – ГО на АЭС с водяным теплоносителем

Новизна диссертационного исследования определяется, тем, что несмотря на то, что модели ряда отдельных процессов уже известны и использовались ранее при создании кодов для описания динамики теплогидравлических параметров в ГО АЭС, в работе они были согласованы и дополнены. Для моделирования тяжелых аварий на различных РУ разработаны универсальные модели систем безопасности, применяемые в ГО РУ с водой под давлением. Все вместе позволяет использовать российский интегральный код СОКРАТ не только для расчета последствий тяжелых аварий, но и для разработки мер управления тяжелыми авариями по снижению последствий.

Всего по теме диссертации Д.Ю. Томащиком опубликовано 10 печатных работ, в том числе, 4 статьи в рецензируемых журналах из списка ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ и получено 4 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Личный вклад автора заключается в разработке и согласовании моделей, реализации модуля в составе кода СОКРАТ, его верификации, апробации, и валидации на объектах разного масштаба.

По диссертационной работе Д.Ю. Томащика есть несколько замечаний непринципиального характера:

- из описания модели спринклерной системы неясно, как учитывается кризис теплообмена при орошении каплями горячих стенок;
- при описании экспериментов на установке PANDA не систематизированы неопределенности измерений температур стен и давления газа;
- при определении весового коэффициента k_m не учтена неравномерность распределения датчиков в пространстве.

Заключение

Диссертация Д.Ю. Томащика представляет собой законченное научно-методическое исследование, работа выполнена на высоком научном уровне и вносит значимый вклад в развитие технологии и средств численной оценки безопасности АЭС с ВВЭР при тяжёлых авариях. Автореферат диссертации достаточно полно и точно отражает содержание диссертационной работы. Результаты, основные положения и выводы диссертации в достаточной мере представлены в научных статьях и докладах на международных и российских научных конференциях.

Содержание диссертации полностью соответствует специальности 2.4.9 - «Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность». Диссертация «Модуль CONT_TH для расчета теплогидравлических параметров атмосферы в герметичном ограждении РУ с водяным теплоносителем при тяжелых авариях» удовлетворяет требованиям пунктов 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года, №842, с

последующими изменениями. Считаю, что, несмотря на отмеченные замечания, работа выполнена на высоком профессиональном уровне, а автор диссертации Томащук Дмитрий Юрьевич заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук.

Официальный оппонент

Начальник отдела нестандартных теплотехнических измерений Управления НИР и НИОКР в области теплофизики АО «ЭНИЦ»

доктор технических наук

Болтенко Эдуард Алексеевич

Телефон: +7 916 233 12 11

Электронная почта: boltenko@erac.ru

Адрес: 142530, Московская область, г. Электрогорск, ул. Святого Константина, д. 6

АО «ЭНИЦ»

Подпись Э.А. Болтенко заверяю

Директор АО «ЭНИЦ»

кандидат технических наук



Никонов Сергей Михайлович

17.07.29