



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ
И АТОМНОМУ НАДЗОРУ
(РОСТЕХНАДЗОР)

Федеральное бюджетное учреждение
«НАУЧНО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР
ПО ЯДЕРНОЙ И РАДИАЦИОННОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ»
(ФБУ «НТЦ ЯРБ»)

Малая Красносельская ул., д. 2/8, корп. 5
вн. тер. г. муниципальный округ Красносельский,
Москва, 107140
Телефон: (499) 264-00-03, факс: (499) 264-28-59
E-mail: secnrs@secnrs.ru, <http://www.secnrs.ru>
ОКПО 00257414, ОГРН 1027739079499
ИНН/КПП 7725010048/770801001

17.06.2024 № 18-04/2535

На № 11407/01-0820 от 31.05.2024

Г Отзыв на автореферат диссертации Г
К.С. Долганова

Ученому секретарю
Диссертационного совета
ИБРАЭ РАН

Калантарову В.Е.

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

Уважаемый Валентин Евграфович!

Направляю отзыв на автореферат диссертации Долганова Кирилла Сергеевича «Методический подход к созданию моделей энергоблоков АЭС с ВВЭР для реалистического расчетного обоснования безопасности при тяжелых авариях», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук. Указанный отзыв подготовлен работниками ФБУ «НТЦ ЯРБ» Козловой Надеждой Александровной и Яшниковым Дмитрием Аркадьевичем.

Приложение: Отзыв на автореферат на 5 л. в 2 экз.

Заместитель директора

Р.Б. Шарафутдинов

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации К.С. Долганова

«МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К СОЗДАНИЮ МОДЕЛЕЙ ЭНЕРГОБЛОКОВ АЭС С ВВЭР ДЛЯ РЕАЛИСТИЧЕСКОГО РАСЧЕТНОГО ОБОСНОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ТЯЖЕЛЫХ АВАРИЯХ»,

представленной на соискание ученой степени доктора технических наук

Специальность 2.4.9 - Ядерные энергетические установки,
топливный цикл, радиационная безопасность

Диссертационная работа К.С. Долганова посвящена разработке и апробации комплексного методического подхода к созданию расчетных физико-математических моделей (ФММ) для выполнения реалистического анализа протекания тяжелых аварий (ТА) на АЭС с ВВЭР. Расчетно-экспериментальные исследования, посвященные анализу протекания ТА на АЭС с ВВЭР, начатые в Российской Федерации в 1990х годах после аварии на АЭС ТМІ-2 в США, особенно интенсивно развивались в последнее десятилетие после ТА на АЭС Фукусима-Дайичи (Япония). Значительный объем исследований, выполненных за этот период времени, требует обобщения, а также определения направлений для проведения дальнейших дополнительных исследований. Именно поэтому направление работ, выбранное автором, безусловно является своевременным и актуальным.

Разработанный автором комплексный методический подход к анализу ТА на энергоблоках АЭС с ВВЭР охватывает все взаимосвязанные этапы создания расчетных ФММ от постановки задачи, основанной на глубоком анализе истории вопроса и текущего состояния проблемы (глава 1 диссертации), до примеров апробации разработанных ФММ, приведенных в заключительной главе 7.

На основе выполненных автором исследований в диссертационной работе приведены методические и практические рекомендации к каждому из этапов разработки ФММ для анализа ТА на АЭС с ВВЭР, а именно:

- определение области моделирования (глава 2);
- выбор средств комплексного численного моделирования ТА (глава 3, в которой подход к формированию ФММ ТА АЭС с ВВЭР от исходного события до выброса продуктов деления в окружающую среду показан на примере последовательной разработки версий интегральной программы для ЭВМ «СОКРАТ»);
- выполнение валидации интегральных программ для ЭВМ (глава 4, в которой методическими и практическими рекомендациями охвачены вопросы отбора экспериментальных данных, представительных в отношении моделируемых явлений, достаточности и качества систем измерения, а также масштабный фактор экспериментов);
- квалификация расчетной ФММ (глава 5);
- оценка неопределенности результатов расчетов ТА с использованием интегральной программы для ЭВМ (глава 6), при проведении которой автором принимаются во внимание неопределенности экспериментальных данных, неопределенности параметров ФММ, а также неопределенности, обусловленные выбором расчетной сетки, созданной с помощью программы для ЭВМ, что соответствует рекомендациям, установленным в Приложении 4 к РБ-166-20.

Совокупность разработанных автором положений системного комплексного методического подхода к анализу ТА АЭС с ВВЭР является научным достижением и безусловно будет востребована при выполнении анализов ТА как в целях научных исследований, так и в целях обоснования безопасности энергоблоков АЭС с ВВЭР. В частности, разработанные автором методические указания и рекомендации в части квалификации расчетной

ФММ могут быть полезными при разработке требований к квалификации расчетных моделей в рамках процедуры экспертизы программ для ЭВМ.

Подход, предложенный К.С. Долгановым к оценке неопределенности результатов расчетов ТА АЭС с ВВЭР, не просто обеспечивает проведение количественной оценки меры адекватности воспроизведения программой для ЭВМ процессов и явлений, характерных для ТА, но и позволяет использовать результаты валидации программы для ЭВМ при проведении оценки неопределенности результатов расчетов, выполняемых с ее помощью в рамках обоснования безопасности АЭС с ВВЭР.

Практический интерес с точки зрения организации управления ТА на АЭС с ВВЭР и установления приоритета стратегий управления ТА представляют результаты совместных расчетов по интегральной программе для ЭВМ «СОКРАТ» и программам для ЭВМ CFD класса («OpenFOAM» и «STAR CCM+»).

Судя по автореферату, основные положения и результаты диссертационной работы К.С. Долганова докладывались на нескольких десятках научно-технических конференций и семинаров, включая международные. По тематике диссертации опубликовано тридцать шесть публикаций. Это свидетельствует об успешной апробации результатов диссертационной работы.

Автореферат диссертации К.С. Долганова изложен хорошим языком с использованием терминологии, общепринятой в исследуемой области.

Наряду с безусловными достоинствами диссертационной работы, приведенными выше, следует отметить ее отдельные недостатки:

- предложения автора относительно дополнения подхода к формированию перечня ЗПА (РБ-150-18), носят весьма общий характер (учет результатов ВАБ, учет целей конкретной задачи безопасности, анализ опыта аварий) и нуждаются в конкретизации;

- утверждение автора относительно того, что учет неопределенности расчета ТА приведет к необходимости внедрения в проект дополнительных систем безопасности для маловероятных условий ТА, сформулировано некорректно, поскольку системы безопасности являются средствами управления проектными авариями, а необходимость внедрения дополнительных технических средств для управления запроектными авариями регулируется положением п. 1.2.18 НП-001-15 и ограничивается вероятностью большого аварийного выброса;
- результаты анализа влияния конвективного переноса тепла между активной зоной и парогенератором при выполнении оценок возможности байпасирования герметичного ограждения в условиях ТА не содержат графиков изменения основных параметров РУ, характеризующих развитие аварии, и не сопровождаются оценкой вклада ТА (с сохранением гидрозатвора в холодных нитках) в суммарную частоту большого аварийного выброса, что затрудняет оценку значимости полученных результатов;
- утверждение о том, что оценка неопределенностей является инструментом для анализа пороговых эффектов, является не совсем корректным, поскольку, согласно комментариям к разделу «Основные термины и определения» НП-001-15, приведенным в РБ-152-18, под пороговым эффектом понимается резкий переход от одного состояния АС к другому после небольшого отклонения одного из параметров, а основным инструментом для оценки влияния изменения значения одного из параметров ФММ на результат расчета с ее использованием является не оценка неопределенности, а оценка чувствительности.

Отмеченные недостатки не снижают достоинства большого законченного комплекса исследований и методических разработок, составляющих основу диссертационной работы К.С.Долганова.

Анализ основных положений диссертации, изложенных в автореферате, позволяет сделать вывод о том, что диссертация К.С. Долганова представляет собой законченный комплекс исследований, отвечающий требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук, а ее автор, Долганов Кирилл Сергеевич, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 2.4.9 - Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность.

Ведущий научный сотрудник отдела безопасности атомных станций и инновационных ядерных установок отделения ядерной и радиационной безопасности ФБУ «НТЦ ЯРБ»,

кандидат технических наук

Н.А. Козлова

Начальник лаборатории отдела экспертизы программ для ЭВМ отделения экспертизы ФБУ «НТЦ ЯРБ»,

кандидат технических наук

Д.А. Яшников

Подписи Н.А. Козловой и Д.А. Яшникова заверяю

Учёный секретарь ФБУ «НТЦ ЯРБ»

В.А. Гремячкин

М.П.

17 июня 2024 г.

Контактные данные:

Федеральное бюджетное учреждение «Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности» (ФБУ «НТЦ ЯРБ»)

Адрес: Малая Красносельская ул., д. 2/8, корп. 5, вн. тер. г. муниципальный округ Красносельский Москва, 107140

Козлова Надежда Александровна +7(499)264-05-08, kozlova@secnrs.ru

Яшников Дмитрий Аркадьевич +7(499) 753-05-24, yashnikov@secnrs.ru,

Анализ основных положений диссертации, изложенных в автореферате, позволяет сделать вывод о том, что диссертация К.С. Долганова представляет собой законченный комплекс исследований, отвечающий требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук, а ее автор, Долганов Кирилл Сергеевич, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 2.4.9 - Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность.

Ведущий научный сотрудник отдела безопасности атомных станций и инновационных ядерных установок отделения ядерной и радиационной безопасности ФБУ «НТЦ ЯРБ»,

кандидат технических наук

Н.А. Козлова

Начальник лаборатории отдела экспертизы программ для ЭВМ отделения экспертизы ФБУ «НТЦ ЯРБ»,

кандидат технических наук

Д.А. Яшников

Подписи Н.А. Козловой и Д.А. Яшникова заверяю:

Учёный секретарь ФБУ «НТЦ ЯРБ»

В.А. Гремячкин

М.П.

17 июня 2024 г.

Контактные данные:

Федеральное бюджетное учреждение «Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности» (ФБУ «НТЦ ЯРБ»)

Адрес: Малая Красносельская ул., д. 2/8, корп. 5, вн. тер. г. муниципальный округ Красносельский, Москва, 107140

Козлова Надежда Александровна +7(499)264-05-08, kozlova@secnrs.ru

Яшников Дмитрий Аркадьевич +7(499) 753-05-24, yashnikov@secnrs.ru,