



ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Долганова Кирилла Сергеевича

«Методический подход к созданию моделей энергоблоков АЭС с ВВЭР для реалистического расчётного обоснования безопасности при тяжёлых авариях», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.4.9 – «Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность»

Диссертационная работа посвящена вопросам исследования тяжелых аварий и возможных последствий от них на атомных электростанциях и, в частности, разработке обобщенного методического подхода, позволяющего в соответствии с современным уровнем развития науки и техники разрабатывать и практически применять инструменты для анализа тяжелых аварий на атомных электростанциях с реакторами типа ВВЭР (расчетные коды СОКРАТ В1/В2, СОКРАТ В3), в разработке, верификации, валидации и аттестации в установленном порядке в Российской Федерации которых заметное участие принимал автор диссертационной работы.

Актуальность диссертационной работы обусловлена в первую очередь большим числом тяжелых аварий (1979г – АЭС ТМ1 (США), 1986г. – Чернобыльская АЭС (СССР), 2011г. – АЭС Фукусима Дайичи (Япония)), произошедших за последние 50 лет на различных АЭС в мире, необходимостью их исследования и анализа с целью предотвращения возникновения тяжелых аварий и смягчения последствий от них в будущем.

Методический подход, являющийся основой диссертационной работы, можно считать подходом, который впервые в Российской Федерации столь комплексно описывает способ исследования и анализа тяжелых аварий. Он включает в себя с учетом современного уровня научных знаний о тяжелых авариях практические предложения автора по решению следующих задач, позволяющее системно и реалистично анализировать возможные тяжелые аварии на АЭС с реакторами типа ВВЭР, формирующее технические решения по обеспечению безопасности, направленные на предотвращение тяжелых аварий и ослабление их последствий:

- анализ феноменологии тяжелых аварий (разогрев и разрушение активной зоны и корпуса реактора, окисление оболочек твэлов, горение водорода, распространение радиоактивных веществ в элементах реакторной установки и помещениях защитной оболочки, выход радиоактивных веществ за пределы защитной оболочки и другие феноменологические явления) и ее реализация в физико-математических моделях интегральных программных кодов СОКРАТ В1/В2, СОКРАТ В3, впервые разработанных в Российской Федерации для

- анализа тяжелых аварий, подлежащих учету при обосновании безопасности блоков атомных электростанций;
- разработка методики валидации интегральных кодов для анализа тяжелых аварий СОКРАТ В1/В2, СОКРАТ В3;
 - апробация методики валидации интегральных кодов СОКРАТ В1/В2, СОКРАТ В3 путем их аттестации в установленном в Российской Федерации порядке;
 - разработка методики по созданию расчётных моделей блоков АЭС с реакторами типа ВВЭР применительно к расчетным кодам из семейства СОКРАТ;
 - разработка расчетных моделей различных блоков АЭС с реакторами типа ВВЭР и выполнение с их помощью расчетных анализов тяжелых аварий;
 - оценка неопределенностей результатов анализа тяжелых аварий, включая определение целей, задач, способа анализа, проблем, и роли анализа неопределённости при моделировании тяжелых аварий;
 - апробация общего методического подхода в задачах обоснования безопасности АЭС с реакторами типа ВВЭР и в задачах исследования аварии на АЭС Фукусима Дайичи.

Диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне, в ней решены все заявленные автором задачи.

Диссертационная работа может служить основой для разработки руководства по безопасности и/или нормативно-правового акта в части анализа тяжелых аварий, в настоящее время отсутствующие в Российской Федерации.

Особо в диссертационной работе следует отметить предложения автора по оценке неопределённости результатов анализа тяжелых аварий, которые при их применении могут обеспечить в полной мере учет требования пункта 1.2.9 федеральных норм и правил в области использования атомной энергии НП-001-15 в части оценки неопределённости результатов ВАБ-2, ранее в необходимом объеме не выполнявшейся в ВАБ-2 из-за отсутствия методического подхода.

Полученные результаты закреплены автором в ряде публикаций авторитетных международных изданиях и журналах ВАК.

Вместе с тем, по результатам рассмотрения сведений, изложенных в автореферате, можно сформулировать следующие вопросы/замечания:

- 1) При характеристике главы 5 диссертации в автореферате в отношении квалификации расчетных моделей указано: «Например, для учета циркуляции котловой воды в области трубного пучка в процессе осушения ПГ для интегральных ТА кодов рекомендуется квази-двумерное приближение нодализационной схемы, с выделением участка подъемного движения и участка опускного движения и предусмотрением поперечных

связей между ячейками подъёмного и опускного участков в пределах трубного пучка». Следует отметить, что осушение ПГ происходит в режиме пузырькового кипения воды в большом объеме, при котором коэффициент теплоотдачи к воде составляет от нескольких десятков тысяч до сотен тысяч, в то время как при свободной конвекции, учитываемой путем моделирования нескольких участков в ПГ, отмеченных в приведенном фрагменте текста, составляет несколько тысяч. Это свидетельствует о незначительности влияния моделирования подъемных и опускных участков в ПГ на интенсивность осушения ПГ.

- 2) При характеристике в автореферате главы 6 диссертации утверждается, что анализ неопределенностей позволяет решить задачу: «Проверка референтного (без отклонения параметров) расчёта на соответствие наилучшей оценке, определяемой по среднему из выборки результатов АН». По результатам выполненного АН на странице 34 автореферата автором формулируется вывод, что: «Сравнение референтного варианта с полученным средним позволяет подтвердить правильность выбора начальных и граничных условий и параметров моделей». По данным из автореферата о главе 6 диссертации в рамках АН было выполнено 100 вариантных расчетов ТА. Следует отметить, что расчет, названный автором «референтным», результаты которого получены для средних значений варьируемых параметров, можно, например, просто трактовать, как один из вариантных расчетов при выборке размерности 101. Автором не представлено математическое обоснование, объясняющее возможность проведения указанной выше сравнительной оценки результатов ТА, полученные при «референтных» исходных данных и наилучших (средних) значений результатов ТА и позволяющее формулировать, приведенный выше вывод.
- 3) При характеристике в автореферате главы 6 диссертации отмечается, что «на стадии статистической обработки полученной выборки не всегда применимо прямое осреднение результатов расчетов для определения наилучшей оценки результата», при этом не указаны причины и обоснования неприменимости классического подхода математической статистики, не указан метод построения функции распределения и доверительных интервалов. Использование неклассических подходов к оценке параметров случайных величин может приводить к некорректным результатам.

Указанные в замечаниях недостатки не влияют на положительную оценку диссертационной работы.

Результаты диссертационной работы Долганова К.С. «Методический подход к созданию моделей энергоблоков АЭС с ВВЭР для реалистического расчётного обоснования безопасности при тяжёлых авариях» могут быть практически использованы различными предприятиями Госкорпорации «Росатом» при выполнении работ по обоснованию безопасности АЭС с

реакторами типа ВВЭР и иными типами реакторов в части реалистичного и комплексного анализа тяжелых аварий с помощью разработанного и аттестованного в Российской Федерации расчетного кода СОКРАТ ВЗ, а также Ростехнадзором при разработке нормативно-правовой и иной документации.

Содержание автореферата позволяет сделать вывод о том, что диссертационная работа К.С. Долганова является завершённой научно-квалификационной работой, полностью удовлетворяющей требованиям пунктов 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней», утверждённого постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 «О порядке присуждения ученых степеней», а сам соискатель Долганов Кирилл Сергеевич заслуживает присуждения ему учёной степени доктора технических наук по специальности 2.4.9 - «Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность».

Эксперт Дирекции по оценке безопасности,
ядерным и радиационным технологиям

Носков Дмитрий Евгеньевич

Главный специалист Дирекции по оценке
безопасности, ядерным и радиационным
технологиям, к.т.н.

Горюнов Олег Владимирович

Почтовый адрес: Выборгская наб., д. 45 Е, пом.202, г. Санкт-Петербург, 194044

Телефон: (812) 910-35-15

Адрес электронной почты: RE@rosatom.ru

Подписи Носкова Д.Е. и Горюнова О.В.
заверяю

Заместитель Генерального директора по
экономике и финансам

