



ЭНИЦ  
РОСАТОМ

ОРГАНИЗАЦИЯ АО «КОНЦЕРН РОСЭНЕРГОАТОМ»

**Акционерное общество  
«Электрогорский научно-  
исследовательский центр  
по безопасности атомных  
электростанций»  
(АО «ЭНИЦ»)**

ул. Святого Константина, д. 6,  
г. Электрогорск, г. Павловский Посад,  
Московская область, 142530  
Телефон (49643) 3-30-74, факс (49643) 3-12-35  
E-mail: erec@erec.ru  
ОКПО 00130292, ОГРН 1085035000786  
ИНН 5035037441, КПП 503501001

УТВЕРЖДАЮ



Директор

С.М. Никонов

2024 г.

### **ОТЗЫВ ведущей организации**

**на диссертационную работу Рыжова Николая Игоревича  
«Разработка методики оценки погрешностей и неопределенностей результатов  
моделирования аварий на АЭС для программ СОКРАТ»,  
представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук  
по специальности 2.4.9 – «Ядерные энергетические установки, топливный  
цикл, радиационная безопасность»**

#### **Актуальность темы исследования**

Диссертационная работа Рыжова Николая Игоревича посвящена проблеме получения оценок погрешностей и неопределенностей результатов расчетов проектных и запроектных аварий на АЭС. Актуальность исследования обусловлена требованиями, установленными в федеральных нормах и правилах в области использования атомной энергии НП-001-15. В частности, в п. 1.2.9 НП-001-15 установлено требование об обязательной оценке погрешностей и неопределенностей результатов детерминистических и вероятностных анализов безопасности. Однако рекомендуемый способ получения этих оценок долгое время отсутствовал в руководствах по безопасности.

Актуальность работы для линейки программ для ЭВМ СОКРАТ обусловлена тем, что основной объем анализов безопасности АЭС с РУ ВВЭР применительно в запроектным авариям в России выполняется с использованием программ для ЭВМ СОКРАТ-В1/В2 и СОКРАТ/В3. А программы для ЭВМ СОКРАТ-БН/В1 и СОКРАТ-

БН/В2 широко используются для обоснования безопасности АЭС с РУ БН в области проектных и запроектных аварий.

Таким образом задача разработки методики получения оценок погрешностей и неопределенностей результатов моделирования аварий на АЭС для программ СОКРАТ является актуальной научно-технической задачей.

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

Новизна диссертационной работы заключается в том, что разработанная автором методика впервые объединяет подход к оценке погрешности на этапе валидации линейки программ для ЭВМ СОКРАТ с их практическим применением к моделированию широкого класса аварии с оценками погрешностей и неопределенностей получаемых результатов. Практическое применение результатов диссертационного исследования впервые позволило удовлетворять требованиям федеральных норм и правил НП-001-15 в части получения оценок погрешностей и неопределенностей результатов расчетов в обоснование безопасности.

Автором диссертационного исследования получены новые научные и практические результаты:

- Разработанная методика обобщения результатов валидации позволила получить оценки модельных погрешностей параметров, важных для безопасности, которая применима для программ для ЭВМ, предназначенных для моделирования проектных аварий с применением консервативного подхода и запроектных аварий с применением реалистического подхода.

- Предложенная автором методика получения оценок погрешностей и неопределенностей результатов моделирования проектных аварий учитывает результаты валидации применяемой программы для ЭВМ и особенности консервативного подхода.

- Предложенная методика получения оценок погрешностей и неопределенностей результатов моделирования запроектных аварий позволяет получить реалистическое значение параметра, важного для безопасности, которое учитывает

результаты валидации программы для ЭВМ и сопровождается соответствующей неопределенностью.

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

Практическая значимость диссертационной работы Рыжова Николая Игоревича заключается в том, что предложенная им методика обобщения результатов валидации программ для ЭВМ была использована при валидации всей линейки программ для ЭВМ СОКРАТ, которые прошли успешную экспертизу в ФБУ «НТЦ ЯРБ». Методика получения оценок погрешностей и неопределенностей результатов моделирования проектных аварий успешно применяется в АО «ОКБМ Африкантов» при расчетном обосновании безопасности РУ БН. Методика получения оценок погрешностей и неопределенностей результатов моделирования запроектных аварий вошла в качестве приложения №4 в руководство по безопасности РБ-166-20 и успешно применяется в атомной отрасли.

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

Достоверность полученных результатов диссертационного исследования подтверждается успешно выполненной процедурой валидации линейки программ для ЭВМ СОКРАТ, а также положительным заключением экспертизы ФБУ «НТЦ ЯРБ», а также включением одной из методик в руководство по безопасности РБ-166-20.

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

Диссертация 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. Диссертация состоит из трех глав.

В первой главе выполнен обзор литературы и даны краткие описания, достаточные для понимания, и характеристики существующих методик оценок неопределенностей. Автором отмечено, что большинство существующих методик применимы только для



получения оценок неопределенностей результатов расчетов проектных аварий с использованием консервативного подхода.

Во второй главе автором представлено описание предлагаемых методик получения оценок погрешностей и неопределенностей получаемых результатов расчетов проектных аварий и запроектных аварий. Дополнительно автором дано описание методики валидации линейки программ для ЭВМ СОКРАТ и показана связь между валидацией программы для ЭВМ и её практическим применением для моделирования широкого класса аварий.

В третьей главе представлено три демонстрационных примера. В первом примере демонстрируется применение методики валидации к программе для ЭВМ СОКРАТ-В1/В2 на базе эксперимента QUENCH-06. Второй пример посвящен моделированию проектной аварии «мгновенная блокировка проходного сечения одной ТВС» на РУ БН. В примере показан способ получения консервативной оценки для параметров, важных для безопасности, и продемонстрирован учет результатов валидации. Третий пример демонстрирует применение методики к моделированию запроектной аварии «течь Ду279 с наложением обесточивания» на РУ ВВЭР-1000/В320. На базе примера показан способ получения реалистического значения параметра, важного для безопасности, которое сопровождается оценкой стандартной неопределенности получаемого результата.

Диссертационная работа Рыжова Николая Игоревича не дает оснований для принципиальных критических замечаний, однако по работе можно сделать ряд замечаний различного характера.

#### **Замечания:**

1 В примере анализа аварии «течь Ду279 с наложением обесточивания» на РУ ВВЭР-1000/В320 рассмотрено 23 входных параметра, обладающих неопределенностью. В диссертации отсутствует информация, каким образом выбран именно этот набор параметров, является ли он достаточным для анализа. Дополнение диссертационной работы рекомендациями по выбору перечня входных параметров, которые должны рассматриваться при анализе неопределенностей, сделало бы ее более полноценной и завершённой.

2 В представленных примерах функция распределения входных параметров задается один раз в начале расчета и остается неизменной в процессе всего расчета эксперимента или аварии. В процессе протекания аварии (или эксперимента) функция распределения входной величины, которая задана временной зависимостью, может изменяться. Как это учитывается в предложенной методике?

3 В области анализов проектных аварий широко применяется методика GRS для получения толерантных пределов для параметров, важных для безопасности. Проводилось ли сравнение получаемых результатов по предложенной автором методике и по методике GRS?

4 В работе присутствуют незначительные опечатки по тексту.

#### **Соответствие автореферата основным положениям диссертации**

Автореферат диссертационной работы Рыжова Николая Игоревича полностью соответствует основным положениям диссертации и в полном объеме отражает основное содержание работы и выводы.

#### **Подтверждение опубликованных основных результатов диссертации в научной печати**

Все результаты диссертационного исследования опубликованы в рецензируемых научных изданиях, 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**

Диссертационная работа Рыжова Николая Игоревича «Разработка методики оценки погрешностей и неопределенностей результатов моделирования аварий на АЭС для программ СОКРАТ» является научно-квалификационной работой, которая содержит анализ существующих, разработанных ранее методик, описание предлагаемых автором и реализованных на практике методик анализа погрешностей и неопределенностей, а также демонстрационные примеры, раскрывающие различные аспекты применения методик.

Диссертационная работа Рыжова Николая Игоревича «Разработка методики оценки погрешностей и неопределенностей результатов моделирования аварий на АЭС для

программ СОКРАТ» соответствует паспорту специальности 2.4.9 - «Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность» и отвечает требованиям п. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842 (в редакции Постановления от 26.05.2020 № 751), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. Автор диссертационной работы, Рыжов Николай Игоревич, 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 расширенного заседания отдела нестандартных теплотехнических измерений совместно с НТС АО «ЭНИЦ» (протокол № 105 от 06.12.2024) по результатам рассмотрения диссертации и автореферата, а также личного выступления Н.И. Рыжова.

Начальник отдела нестандартных  
теплотехнических измерений,

докт. техн. наук



Болтенко Эдуард Алексеевич

Заместитель директора по научной работе –

начальник Управления НИР и НИОКР в области теплофизики

канд. техн. наук



Локтионов Владимир Дмитриевич

«Подписи Э.А. Болтенко и В.Д. Локтионова заверяю»

Ученый секретарь АО «ЭНИЦ»,

канд. физ.-мат. наук



Медведева Наталья Юрьевна

8(49643) 3-10-49

[natalya\\_medvedeva@erec.ru](mailto:natalya_medvedeva@erec.ru)