

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора физико-математических наук, главного научного сотрудника АО «ГНЦ РФ – ФЭИ»
Коробейникова Валерия Васильевича

НА ДИССЕРТАЦИОННУЮ РАБОТУ ЧАЛОГО РУСЛАНА ВАСИЛЬЕВИЧА

«ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС СОКРАТ-БН ДЛЯ АНАЛИЗА И
ОБОСНОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ АЭС С РЕАКТОРАМИ НА БЫСТРЫХ
НЕЙТРОНАХ С НАТРИЕВЫМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.9 – Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность

В диссертационном исследовании Чалого Р.В. представлены результаты разработки программного комплекса СОКРАТ-БН, который предназначен для анализа безопасности реакторных установок с натриевым теплоносителем (РУ БН) в проектных и запроектных авариях, включая аварии с плавлением активной зоны и выбросом активности в окружающую среду.

Актуальность темы связана со стартом российской программы быстрых реакторов «Ядерные энерготехнологии нового поколения на период до 2010–2015 годов и на перспективу до 2020 года» (ФЦП ЯЭНП). Актуальность темы диссертации имеет и международную значимость. В рамках международного проекта ИНПРО рассматриваются проблемы развития безопасной ядерной энергетики. Среди критериев эффективности безопасность заслуженно занимает первое место.

В настоящее время исследуются подходы к развитию двухкомпонентной ЯЭС с реакторами двух типов – на быстрых и тепловых нейтронах. В этой системе исследуется уже замкнутый цикл всей системы. В качестве ядерного топлива предполагается использовать плутоний не только в быстрых, но и в реакторах на тепловых нейтронах. Однако важнейшей частью такой системы являются реакторы на быстрых нейтронах.

Качественное обоснование безопасности ЯР невозможно без программного продукта, позволяющего провести анализ возможных аварийных ситуаций и указать пути их преодоления

Ввод, проектирование новых реакторов, продление сроков эксплуатации действующих, а также повышение уровня требований к безопасности объектов использования атомной энергетики потребовало разработку, внедрение и аттестацию программ нового поколения для задач комплексного обоснования безопасности РУ БН. Существующие ранее программы, используемые для обоснования безопасности, вносили определенную консервативность в расчеты динамических процессов, характерных для протекания аварий в реакторе за счет сложности постановки граничных условий при отдельном моделировании физических процессов. Таким образом, переход от несопряженных расчетов, к расчетам в связанной постановке задачи, реализуемых в мультифизических интегральных кодах, позволяет повысить качество моделирования сложных динамических процессов в реакторе и является, безусловно, актуальной задачей.

Новизна исследования заключается в том, что:

- впервые разработан и валидирован российский мультифизичный программный комплекс (интегральный код СОКРАТ-БН) для реакторов на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем;
- программный комплекс позволил в рамках единого расчета моделировать наиболее важные для безопасности РУ БН процессы, характерные для условия протекания аварий от исходного события до потенциального выхода источника радиоактивных ПД в окружающую среду для оценки последствий радиационного загрязнения прилегающих к АЭС территорий;
- программный комплекс позволил повысить детализацию полномасштабной расчетной модели РУ БН;
- такой подход позволил снять консервативности при комплексном моделировании аварийных процессов в РУ.

О достоверности результатов и обоснованности положений и выводов диссертационного исследования свидетельствует успешно выполненная процедура валидации и верификации программы, а также положительное заключение экспертизы ФБУ «НТЦ ЯРБ» о возможности использования программы для анализа безопасности объектов использования атомной энергии – АЭС с РУ-БН.

Практическая значимость результатов исследования заключается в успешном внедрении и использовании программного комплекса СОКРАТ-БН главным конструктором РУ БН АО «ОКБМ Африкантов» для расчетного анализа и обоснования безопасности действующих и проектируемых РУ БН.

Личный вклад автора

Все результаты работы, непосредственно выносимые на защиту диссертации, получены автором лично, либо при его непосредственном участии.

Структура диссертации

В диссертационную работу включены следующие структурные части: введение, 4 главы, общие выводы, список литературы из 151 библиографической ссылки, список сокращений и литературы, приложение с аттестационным паспортом программы СОКРАТ-БН. Общий объем работы составил 224 страницы основного текста, включая иллюстрации. Содержание диссертации в полной мере отражает суть выполненной работы.

Во введении представлены актуальность решаемой задачи, цели и задачи исследования, научная новизна практическая ценность, данные об обоснованности и практической ценности и апробации полученных результатов.

В первой главе сформулирована общая постановка задачи. Выполнен анализ объекта исследования, известных программных решений, используемых для обоснования безопасности РУ БН, потенциальной экспериментальной базы для валидации программы.

Во второй главе представлена общая структура программного комплекса СОКРАТ-БН, представлена детализированная информация по каждому интегрированному модулю, представлены результаты доработки отдельных модулей по результатам опытной эксплуатации программы.

В третьей главе рассмотрена валидация и верификация программы, представлены матрицы верификации, приведены краткие сведения по каждому тесту и подробно описаны валидационные расчеты, выполненные с непосредственным участием автора диссертации.

В четвертой главе рассмотрены результаты разработки расчетной схемы РУ БН и расчеты представительного сценария тяжелой аварии с использованием разработанной схемы. Подтверждена адекватная работа всех модулей программного кода в рамках выполнения связанного согласованного расчета. В свою очередь результаты расчета продемонстрировали то, что, несмотря на серьезный масштаб повреждения активной зоны, характерного для рассмотренного типа аварийного сценария, большая инерционность первого контура позволяет локализовать последствия аварии в пределах корпуса реактора и обеспечить минимальный выброс продуктов деления в окружающую среду, не приводящий к принятию мер по эвакуации населения

В заключительной части диссертационного исследования подведены итоги и представлены основные результаты диссертационного исследования.

Результаты диссертации изложены Чалым Р.В. в полной мере в 15 научных работ, включая 6 статей в рецензируемых журналах и 9 свидетельств о регистрации программы. Основные результаты работы также докладывались автором на 8 научных конференциях и семинарах.

В качестве замечаний по представленной диссертационной работе можно указать:

1. В тексте автореферата присутствует ряд нерасшифрованных сокращений: ПТО, КГО, ГЦН и др.
2. В главе 1 в разделе «Обзор и анализ существующих программных средств, используемых для расчетного анализа РУ с натриевым теплоносителем» приведено описание зарубежных программ SIMMER и SAS, но не указано для обоснования каких зарубежных или отечественных проектов РУ БН они использовались.
3. В главе 2 на общей схеме интегрального кода (рисунке 2.1) присутствует названия программы СОКРАТ-БН/В2, что вероятнее всего указывает на версию кода. По тексту диссертации не указано, что программа имеет несколько версий.
4. В главе 3 в разделе 3.28 в таблицах 3.40 и 3.41 присутствует слишком много значащих цифр после запятой.
5. По тексту диссертации нет информации о возможности моделирования нитридного топлива, которое внедряется в современные быстрые реакторы.
6. В работе присутствует ряд опечаток.
7. В качестве расчётного метода физики активной зоны в рамках кода СОКРАТ-БН целесообразно в будущем рассмотреть применение метода Монте-Карло, который рассчитывает зону БН с минимальными упрощениями по геометрии и взаимодействию нейтронов с веществом. Это, конечно, пожелание.

Содержание диссертации полностью соответствует специальности 2.4.9 «Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность». Диссертация «Программный комплекс СОКРАТ-БН для анализа и обоснования безопасности АЭС с реакторами на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем» удовлетворяет требованиям п. 9 11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842 (в редакции

В третьей главе рассмотрена валидация и верификация программы, представлены матрицы верификации, приведены краткие сведения по каждому тесту и подробно описаны валидационные расчеты, выполненные с непосредственным участием автора диссертации.

В четвертой главе рассмотрены результаты разработки расчетной схемы РУ БН и расчеты представительного сценария тяжелой аварии с использованием разработанной схемы. Подтверждена адекватная работа всех модулей программного кода в рамках выполнения связанного согласованного расчета. В свою очередь результаты расчета продемонстрировали то, что, несмотря на серьезный масштаб повреждения активной зоны, характерного для рассмотренного типа аварийного сценария, большая инерционность первого контура позволяет локализовать последствия аварии в пределах корпуса реактора и обеспечить минимальный выброс продуктов деления в окружающую среду, не приводящий к принятию мер по эвакуации населения

В заключительной части диссертационного исследования подведены итоги и представлены основные результаты диссертационного исследования.

Результаты диссертации изложены Чалым Р.В. в полной мере в 15 научных работ, включая 6 статей в рецензируемых журналах и 9 свидетельств о регистрации программы. Основные результаты работы также докладывались автором на 8 научных конференциях и семинарах.

В качестве замечаний по представленной диссертационной работе можно указать:

1. В тексте автореферата присутствует ряд нерасшифрованных сокращений: ПТО, КГО, ГЦН и др.
2. В главе 1 в разделе «Обзор и анализ существующих программных средств, используемых для расчетного анализа РУ с натриевым теплоносителем» приведено описание зарубежных программ SIMMER и SAS, но не указано для обоснования каких зарубежных или отечественных проектов РУ БН они использовались.
3. В главе 2 на общей схеме интегрального кода (рисунке 2.1) присутствует названия программы СОКРАТ-БН/В2, что вероятнее всего указывает на версию кода. По тексту диссертации не указано, что программа имеет несколько версий.
4. В главе 3 в разделе 3.28 в таблицах 3.40 и 3.41 присутствует слишком много значащих цифр после запятой.
5. По тексту диссертации нет информации о возможности моделирования нитридного топлива, которое внедряется в современные быстрые реакторы.
6. В работе присутствует ряд опечаток.
7. В качестве расчётного метода физики активной зоны в рамках кода СОКРАТ-БН целесообразно в будущем рассмотреть применение метода Монте-Карло, который рассчитывает зону БН с минимальными упрощениями по геометрии и взаимодействию нейтронов с веществом. Это, конечно, пожелание.

Содержание диссертации полностью соответствует специальности 2.4.9 «Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность». Диссертация «Программный комплекс СОКРАТ-БН для анализа и обоснования безопасности АЭС с реакторами на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем» удовлетворяет 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 технических наук. Считаю, что, несмотря на отмеченные замечания, работа выполнена на высоком профессиональном уровне, автор диссертации заслуживает присуждения степени кандидата технических наук.

Официальный оппонент
Главный научный сотрудник
АО «ГНЦ РФ – ФЭИ»
доктор физ.-мат. наук, профессор

В.В. Коробейников

17.12.2024

Почтовый адрес: 249030, г. Обнинск, Калужской обл., ул. Маркса, д.108 кв. 43
Телефон +7 910 863-70-98
e-mail: vvkorobeynikov@ipre.ru
249033, г. Обнинск, Калужской обл., пл. Бондаренко, 1, АО «ГНЦ РФ – ФЭИ»

Подпись Коробейникова В.В. удостоверяю
Заместитель генерального директора по
развитию и международной деятельности



Н.Г. Айрапетова

17.12.2024