

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Мишина Вячеслава Александровича  
**«Вычислительный комплекс для расчетного сопровождения измерений,  
выполненных на энергетических быстрых реакторах»**,  
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по  
специальности 2.4.9 «Ядерные энергетические установки, топливный цикл,  
радиационная безопасность», на 5 страницах

Диссертационная работа Мишина В.А. посвящена важной проблеме разработки и внедрения вычислительной платформы для расчетного сопровождения реакторов типа БН, обладающей универсальностью в части решаемых задач и удобным и современным пользовательским интерфейсом. Особенное значение имеет направленность исследований на повышение быстродействия расчетов без потери точности.

**Актуальность** темы диссертации обусловлена постоянной необходимостью повышения качества моделирования ядерных реакторов, а также сокращением расчетного времени при высокой требуемой точности получаемых результатов. Это особенно значимо для оперативного сопровождения данных, получаемых непосредственно на АЭС с БН в процессе эксплуатации.

**Степень обоснованности** научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, обусловлена использованием хорошо изученных методов численного решения уравнений переноса, а также физической непротиворечивостью полученных результатов.

**Достоверность** результатов расчетов определяются применением программ TRIGEX, ММКК, ММКС, MIF-2, CARE, CONSYST, аттестованных в установленном Федеральными нормами порядке. Указанные программы для ЭВМ интегрированы в вычислительный комплекс BNcode, который разработан автором диссертации. Результаты решения задач для расчетного сопровождения эксплуатации реактора БН-800 при помощи комплекса BNcode обуславливают высокую **практическую значимость** работы.

Главная **научная новизна** состоит в создании, тестировании и внедрении вычислительного комплекса BNcode для высокоточных прогнозных расчетов нейтронно-физических характеристик активной зоны реактора БН-800. Комплекс BNcode предназначен для обоснования безопасности при эксплуатации на мощности, при проведении измерений в процессе перегрузки топлива, а также иных нестандартных расчетных ситуациях повышенной сложности.

В диссертации четко обозначен **личный вклад автора**, состоящий в разработке и реализации программных модулей комплекса BNcode, разработке бенчмарк-тестов, и решении ряда практических задач для эксплуатации реактора БН-800, что полностью подтверждается содержанием рукописи.

Объем диссертационной работы составляет 124 страницы. Рукопись состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений, списка литературы и двух приложений. В тексте содержится 48 рисунков и 18 таблиц. Результаты работы **опубликованы** в журналах, рекомендованных ВАК РФ по специальности 2.4.9, а также широко представлены на научно-технических конференциях, включая международные.

Во **введении** рассмотрены расчетные программы, применяемые в современной практике для расчетного сопровождения ядерных реакторов на быстрых нейтронах. Показана необходимость в создании универсального вычислительного комплекса BNcode для сопровождения и расчетной поддержки действующих реакторов БН. Также приведены все основные положения диссертационной работы.

В **первой главе** приводится описание всех процедур, выполненных в целях создания программной платформы BNcode. Показано, что вычислительный комплекс BNcode предназначен для текущих и прогнозных расчетов характеристик активной зоны реакторов БН, обоснования безопасности при перегрузках, обоснования баланса реактивности по микрокампании, соблюдения установленных критериев работоспособности ТВЭЛ и других расчетных задач. Приведена и описана принципиальная схема комплекса BNcode.

Во **второй главе** приводится подробное описание математических моделей, использованных в комплексе BNcode для моделирования активной зоны реактора БН-800. Показана схема проведения вычислений для задач с расчетом выгорания. Рассмотрены бенчмарк-модели, описывающие переход активной зоны реактора БН-800 на полную загрузку МОХ-топливом. Представлена оценка методической составляющей погрешности основных проектных характеристик активной зоны с МОХ-топливом.

**Третья глава** посвящена рассмотрению и анализу полученных результатов практического применения комплекса BNcode. Рассмотрены критические состояния активной зоны РУ БН-800, максимальный запас реактивности, подкритичность при погружении РО СУЗ, температурный и мощностной эффекты реактивности, измерение и расчет эффективности РО СУЗ в различных экспериментах.

В **четвертой главе** представлены результаты анализа ряда экспериментов по измерению поля энерговыделения в реакторе БН-800. Проведено сравнение радиального распределения поля энерговыделения активной зоны реактора БН-800, полученного в экспериментах методом гамма-сканирования, и в расчетах по вычислительным комплексам сопровождения. Показан ряд практически значимых результатов, подтверждающих, что в области активной зоны с максимальным энерговыделением различия между расчетными и экспериментальными данными по абсолютной величине не превышают погрешности эксперимента.

В **заключении** дается краткое изложение проделанной работы с основными выводами, и перечисляются полученные результаты. Отмечается, что полученные с помощью вычислительного комплекса BNcode экспериментально-расчетные расхождения соответствуют современным требованиям к программному обеспечению для расчетов данного класса.

Изучение материалов автореферата и диссертации, списка литературы, а также опубликованных автором статей и докладов дает основание утверждать, что диссертация представляет собой законченную научную работу, в которой решена важная научно-техническая проблема, имеющая существенное значение для практики расчетного сопровождения ядерных реакторов на быстрых

нейтронах. Полученный результат – разработка и внедрение вычислительной платформы BNcode – может быть использован при реализации Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года в части обеспечения показателей, касающихся установленных мощностей с реакторами на быстрых нейтронах. Автореферат диссертации в полной мере соответствует содержанию и сути проведенных автором исследований, описываемых в рукописи диссертации.

По существу работы необходимо отметить следующие замечания:

1. При формулировке основных положений диссертации автор достаточно часто использует определение «независимый» в отношении различных понятий. Так, например, в научной новизне говорится о независимых от эксплуатирующей организации расчетах, в теоретической значимости – о независимом контроле ядерной безопасности, а по тексту автореферата указанное определение применяется в основном, в отношении вычислительных модулей и программной платформы. В таком формате затруднительно расставить приоритеты и выделить основные факторы, где, по мнению автора, важна, собственно, достигнутая независимость, именно как свойство, присущее представленным в работе результатам.

2. Подраздел 3.4, где проводится анализ температурного и мощностного эффектов реактивности следовало бы дополнить более детальным анализом представленных результатов, поскольку суммарное по эффектам значение отклонения от эксперимента меньше, чем отдельно мощностного эффекта, причины чего не являются очевидными. Отдельно отмечается, что в аттестационном паспорте программы TRIGEX отклонения для суммы рассматриваемых эффектов не указываются.

3. В заключении говорится об аттестации нового вычислительного комплекса BNcode для расчетного сопровождения реактора БН-800. При этом по содержанию работы BNcode – это расчетная платформа, содержащая группу по отдельности аттестованных кодов, что согласно действующей нормативной документации, не одно и то же, что аттестация комплекса в целом. Здесь же важно отметить, что задача связанного расчета в классической постановке

(обмен данными между нейтронно-физическим и теплогидравлическим модулями на заданном шаге интегрирования) автором не ставилась.

Сделанные замечания не снижают ценности и практической значимости результатов работы и не вызывают сомнений в высокой инженерной и научной квалификации автора.

Автореферат отражает основные положения диссертационной работы.

Постановка задачи, методы решения и обоснование результатов соответствуют паспорту специальности 2.4.9 «Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность».

Диссертационная работа полностью соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842 (в действующей редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а Мишин Вячеслав Александрович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.9 «Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность».

Заместитель начальника отдела вероятностного анализа безопасности и программных средств, начальник группы, кандидат физико-математических наук

Увакин Максим Александрович

 10.01.25

АО ОКБ "ГИДРОПРЕСС",  
142103, г. Подольск, ул. Орджоникидзе, д. 21  
Тел.: 8 (4967) 65-26-68  
e-mail: [Uvakin\\_MA@grpress.podolsk.ru](mailto:Uvakin_MA@grpress.podolsk.ru)  
<https://www.gidropress.podolsk.ru>

Подпись Увакина Максима Александровича удостоверяю.  
Начальник отдела кадров АО ОКБ «ГИДРОПРЕСС»

