



ПРЕДПРИЯТИЕ ГОСКОРПОРАЦИИ «РОСАТОМ»

Акционерное общество

«Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт энергетических технологий «АТОМПРОЕКТ»

(АО «АТОМПРОЕКТ»)

Савушкина ул., д.82, лит. А,

Санкт-Петербург, 197183

E-mail: info@atomproekt.com

24.10.2018 № 46-1.10-8.1/19754

На № _____ от _____

О направлении отзыва на автореферат
диссертации

ИБРАЭ РАН

Ученому секретарю

диссертационного совета

Д 002.070.01

В.Е. Калантарову

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

www.ibrae.ac.ru

e-mail :pbl@ibrae.ac.ru

Уважаемый Валентин Евграфович!

Направляем Вам отзыв на автореферат диссертации Мосуновой Н.А. «Развитие научно-методических основ и разработка интегрального программного комплекса для моделирования реакторных установок на быстрых нейтронах с жидкометаллическими теплоносителями», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.14.03 – «Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации».

Приложение: 1. Отзыв на 6 л. в 2 экз.

И. о. Первого заместителя
Генерального директора

Н.А. Бужаров

Онегина Наталья Борисовна
(812) 339-15-15, доб.56028





АТОМПРОЕКТ

ПРЕДПРИЯТИЕ ГОСКОРПОРАЦИИ «РОСАТОМ»

Акционерное общество

«Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт энергетических технологий «АТОМПРОЕКТ»

(АО «АТОМПРОЕКТ»)

Савушкина ул., д.82, лит. А,

Санкт-Петербург, 197183

E-mail: info@atomproekt.com

ОКПО 07626010, ОГРН 1089847342001

ИНН/КПП 7814417371/783450001

№ _____

На № _____

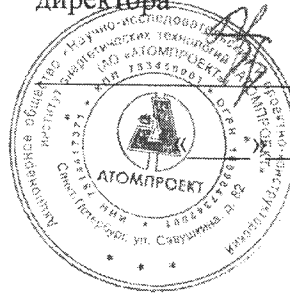
от _____

УТВЕРЖДАЮ

И.о. Первого заместителя Генерального
директора

Н.А. Бужаров

2018 г.



ОТЗЫВ

**на автореферат диссертации Мосуновой Настасьи Александровны
«Развитие научно-методических основ и разработка интегрального программного
комплекса для моделирования реакторных установок на быстрых нейтронах с
жидкометаллическими теплоносителями», представленной на соискание ученой степени
доктора технических наук по специальности 05.14.03 – «Ядерные энергетические установки,
включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации»**

Актуальность темы выполненной работы

В соответствии с Энергетической стратегией на период до 2030 года по реализации устойчивого развития атомной энергетики с замыканием ядерного топливного цикла в России должны быть созданы инновационные экспериментальные и коммерческие атомные электростанции с реакторными установками на быстрых нейтронах с жидкометаллическим теплоносителем (БРЕСТ-ОД-300 со свинцовым теплоносителем и БН-1200 с натриевым теплоносителем).

Неотъемлемым условием любой деятельности в области использования атомной энергии является обеспечение выполнения требований по безопасности, которые определяются федеральными нормами и правилами Российской Федерации, а также общепризнанными

является обеспечение выполнений требований по безопасности, которые определяются федеральными нормами и правилами Российской Федерации, а также общепризнанными международными руководствами по безопасности. В соответствии с ними ядерная и радиационная безопасность проекта АЭС должна быть обоснована путём проведения детерминистических и вероятностных анализов безопасности и сопровождаться оценками неопределенностей получаемых результатов. Общепринятым методом анализа безопасности реакторных установок является метод численного исследования характерных режимов их работы с использованием программных средств различного уровня сложности и детализации. Численное моделирование нейтронно-физических, теплогидравлических, физико-химических, термомеханических и других процессов с учетом многочисленных прямых и обратных связей требует создания и использования интегральных программных комплексов, которые обеспечивали бы сопряженное моделирование мультифизических динамических процессов в элементах и оборудовании АЭС.

Актуальность научно-методических основ и разработки интегрального программного комплекса, применительно к реакторным установкам на быстрых нейтронах с жидкометаллическими теплоносителями, обусловлена следующими факторами:

- интенсивная реализация в России программы по разработке и сооружению АЭС с реакторными установками с жидкометаллическими теплоносителями;
- отсутствие в России интегрального программного комплекса, позволяющего на единой методической основе достоверно моделировать режимы работы реакторных установок на быстрых нейтронах с натриевым, свинцовым или свинцово-висмутовым теплоносителем при использовании твэлов с оксидным или нитридным топливом;
- ограничения на использование лицензионных зарубежных программных комплексов для обоснования безопасности российских проектов.

Научная новизна выполненной работы

Разработан интегральный программный комплекс ЕВКЛИД/V1, включающий модели основных процессов и явлений для описания режимов нормальной эксплуатации и нарушений нормальной эксплуатации реакторных установок на быстрых нейтронах с натриевым, свинцовым или свинцово-висмутовым теплоносителем при использовании твэлов с оксидным или нитридным топливом.

Разработаны матрицы верификации интегральный программный комплекс ЕВКЛИД/V1 для действующих и проектируемых реакторных установок на быстрых нейтронах с тяжелым жидкометаллическим теплоносителем для моделирования режимов нормальной эксплуатации и нарушений нормальной эксплуатации. Выполнена верификация отдельных модулей и комплекса в целом ЕВКЛИД/V1. Определены значения неопределенностей расчета параметров, являющихся

определяющими для оценки безопасности реакторных установок.

Выполнено моделирование отдельных важных для обоснования безопасности режимов нормальной эксплуатации и нарушений нормальной эксплуатации реакторных установок БН-1200 и БРЕСТ-ОД-300.

Значимость полученных автором диссертации результатов

Полученные результаты позволили:

- развить научно-методические основы разработки и верификации интегральных программных комплексов, предназначенных для анализа и обоснования безопасности реакторных установок на быстрых нейтронах с жидкометаллическим теплоносителем;
- обеспечить конструкторские и другие заинтересованные организации современным верифицированным интегральным программным комплексом ЕВКЛИД/V1;
- обеспечить независимость расчетного обоснования перспективных проектов реакторных установок с жидкометаллическим теплоносителем от зарубежных программных средств;
- выполнить расчетное обоснование безопасности отдельных режимов нормальной эксплуатации и нарушений нормальной эксплуатации реакторных установок БН-1200 и БРЕСТ-ОД-300;
- включить разработанный комплекс ЕВКЛИД/V1 в полномасштабную расчетную математическую модель опытно-демонстрационного энергокомплекса (ОДЭК) с РУ БРЕСТ-ОД-300 и выполнить на ней расчетную проверку принятых проектных решений.

Обоснованность и достоверность результатов работы

Степень обоснованности и достоверности результатов диссертационной работы подтверждается:

1. Применением научно обоснованных расчетных методик и физических моделей;
2. Результатами верификации интегрального программного комплекса ЕВКЛИД/V1 на данных экспериментов, выполненных как в России, так и за рубежом, включая отдельные режимы действующих блоков БН-600 и БН-800 с натриевым теплоносителем;
3. Результатами экспертизы верификационного отчета интегрального программного комплекса ЕВКЛИД/V1 и его твэльного модуля БЕРКУТ в ФБУ «НТЦ ЯРБ» (рекомендован к аттестации на заседании Секции № 4 Экспертного совета по аттестации программных средств при Ростехнадзоре 29 мая 2018 г.) и аттестационным паспортом теплогидравлического модуля HYDRA-IBRAE/LM/V1.1 (аттестационный паспорт программного средства № 426 от 27 февраля 2018 г.);

4. Публикацией результатов в рецензируемых журналах и их представлением на ведущих российских и международных конференциях и семинарах, а также заседаниях Технического комитета проектного направления «Прорыв»;
5. Публикацией полученных результатов в отчетах о научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах, выпущенных в рамках проектного направления «Прорыв» и прошедших экспертизу ведущими специалистами отечественных предприятий атомной отрасли в области разработки и верификации расчетных кодов.

При ознакомлении с авторефератом диссертационной работы Мосуновой Н.А. возникли некоторые замечания и вопросы.

1. В разделе автореферата «Основные задачи работы» не отмечен важный результат исследовательской работы по составлению перечня физических процессов и явлений – это пределы диапазона изменения основных параметров реакторных установок в нормальных режимах эксплуатации и в режимах с нарушениями условий нормальной эксплуатации РУ с жидкометаллическим теплоносителем. Именно этот диапазон параметров должен быть обязательно «покрыт» достоверными экспериментальными данными из матрицы верификации, и именно для этого диапазона должна быть проведена верификация интегрального программного комплекса.
2. В разделе 2 автореферата предложено новое соотношение для расчета потери давления на трение двухфазного потока о стенки канала (2), которое, как отмечает автор диссертационной работы, более точно описывает литературные данные последних 60 лет. Было бы логично в этом разделе представить в графическом или статистическом виде сравнение зависимости (2) и соотношения типа Локкарта-Мартинелли с экспериментальными данными.
3. В разделе 5 автореферата описана методика оценки погрешности результатов расчета программным комплексом при моделировании аналитических задач, экспериментов или прикладных задач (прогнозные расчеты). Как следует из описания, на третьем этапе этой методики (этап «В»), независимо от типа задачи, выполняются многовариантные расчеты в пределах некоторой ограниченной области изменения выделенных параметров или входных данных задачи. Рассмотрим конкретный тип задачи, например, экспериментальные исследования теплогидравлических процессов или явлений, которые, как правило, проводятся сериями. В каждой серии экспериментов дискретно изменяется только один параметр, а остальные режимные или граничные параметры поддерживаются постоянными. Причем экспериментальный диапазон изменения определенного параметра в серии довольно значительный и на порядки больше области варьирования, задаваемой в

соответствии с методикой оценки погрешности. Есть ли смысл в выполнении многовариантных расчетов в задачах оценки погрешности при сравнении результатов расчета с экспериментальными данными?

4. В динамических экспериментах погрешность измеряемого параметра определяется погрешностью измерительного канала, которая состоит из двух слагаемых – статической погрешности канала (прибора) и динамической погрешности канала (прибора), которая зависит от инерционных характеристик измерительного канала и скорости изменения измеряемого параметра. Как учитывается полная приборная погрешность измерения в динамических экспериментах в методике оценки погрешности результатов расчета?

Указанные замечания не снижают научную и практическую значимость представленной работы в целом.

Диссертационная работа «Развитие научно-методических основ и разработка интегрального программного комплекса для моделирования реакторных установок на быстрых нейтронах с жидкометаллическими теплоносителями» соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» (в редакции постановления Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842), предъявляемым к докторским диссертациям, и паспорту специальности 05.14.03 – «Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации».

Она представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой решена крупная научно-техническая задача – создание интегрального программного комплекса ЕВКЛИД/V1, который позволяет на единой методической основе моделировать режимы работы реакторных установок на быстрых нейтронах с натриевым, свинцовым или свинцово-висмутовым теплоносителем при использовании твэлов с оксидным или нитридным топливом. Решение этой задачи обеспечивает технологическую независимость и высокую конкурентоспособность отечественной ядерной энергетики в области проектирования и сооружения АЭС с реакторными установками на быстрых нейтронах с жидкометаллическими теплоносителями.

Автор диссертации Мосунова Настасья Александровна заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.14.03 – «Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации».

Отзыв составили:

Директор научно-конструкторского
управления АО «АТОМПРОЕКТ»,
д.т.н.



Безлепкин
Владимир Викторович

Ведущий инженер-проектировщик
отдела обоснования безопасности и
НИОКР АО «АТОМПРОЕКТ»



Токарь
Олег Васильевич

Почтовый адрес:

197183, г. Санкт-Петербург, Савушкина ул., д. 82, лит. А.

Акционерное общество «Научно-исследовательский
и проектно-конструкторский институт энергетических
технологий «АТОМПРОЕКТ» (АО «АТОМПРОЕКТ»)

e-mail: info@atomproect.com