



ПРЕДПРИЯТИЕ ГОСКОРПОРАЦИИ РОСАТОМ

Акционерное общество «Ордена Ленина  
Научно-исследовательский и конструкторский институт  
энерготехники имени Н. А. Доллежала»  
(АО «НИКИЭТ»)  
а/я 788, Москва, 101000  
Телетайп: 611569 МОМЕНТ,  
Тел. (499) 263-73-88, факс (499) 788-20-52  
E-mail: nikiet@nikiet.ru, www.nikiet.ru

24 ОКТ 2018

№

022-06 / 13346

На №

от

Отзыв на автореферат диссертации

Направляю Вам 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.

Приложение: отзыв на 6 листах в 2-х экз.

Ученый секретарь

А.В. Джалавян



Сертифицировано  
Русским Регистром

АА.1.14



ПРЕДПРИЯТИЕ ГОСКОРПОРАЦИИ «РОСАТОМ»

Акционерное общество «Орден Ленина  
Научно-исследовательский и конструкторский институт  
энерготехники имени Н. А. Доллежала»  
(АО «НИКИЭТ»)  
а/я 788, Москва, 101000  
Телетайп: 611569 МОМЕНТ,  
Тел. (499) 263-73-88, факс (499) 788-20-52  
E-mail: nikiet@nikiet.ru, www.nikiet.ru

## 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 учёной степени доктора технических наук по специальности 05.14.03 – Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации.

Диссертационная работа Мосуновой Н.А. посвящена решению **актуальной задачи** – разработке интегрального программного комплекса, предназначенного для моделирования режимов нормальной эксплуатации и нарушений нормальной эксплуатации реакторных установок (РУ) на быстрых нейтронах с жидкометаллическим теплоносителем (натриевым, свинцовым или свинцово-висмутовым), использующих смешанное нитридное уран-плутониевое (СНУП) или оксидное топливо. Такой комплекс должен позволять исследовать тепловые, гидравлические и нейтронно-физические процессы в связанной постановке с целью создания новых объектов ядерной техники, обоснования их безопасной эксплуатации, повышения их технико-экономических показателей. Указанный комплекс должен соответствовать современному уровню теоретических знаний и экспериментальных данных по физическим процессам и явлениям, современным



требованиям в части эффективности численных алгоритмов, стандартов языков программирования, адаптации к современной вычислительной технике, современным подходам к анализу неопределённости и чувствительности результатов расчетов. Программные комплексы (коды), обладающие перечисленными свойствами, принято относить к кодам нового поколения.

**Научная новизна** работы состоит в том, что на современной научной основе обобщены, проанализированы и систематизированы замыкающие соотношения, необходимые для моделирования теплогидравлических процессов, протекающих в контурах реакторных установок на быстрых нейтронах с жидкометаллическим теплоносителем при нормальной эксплуатации и нарушениях нормальной эксплуатации в канальном (одномерном) приближении. В случае обоснованной необходимости – выполнена модификация существующих и/или разработка новых замыкающих соотношений.

Разработан интегральный программный комплекс ЕВКЛИД/V1, включающий модели основных процессов и явлений для описания режимов нормальной эксплуатации и нарушений нормальной эксплуатации РУ на быстрых нейтронах.

На основе ранжирования характерных процессов и явлений разработаны матрицы верификации интегрального программного комплекса ЕВКЛИД/V1 для действующих и проектируемых реакторных установок с натриевым теплоносителем и проектируемых реакторных установок с тяжёлым жидкометаллическим теплоносителем (свинец или свинец-висмут) для моделирования режимов нормальной эксплуатации и нарушений нормальной эксплуатации. В матрицу включены систематизированные и оцененные экспериментальные данные. Путем верификации, то есть сравнения с результатами экспериментальных исследований, доказана возможность использованных в коде ЕВКЛИД/V1 замыкающих соотношений. На современном методическом уровне определены значения погрешностей расчёта параметров, являющихся определяющими для оценки безопасности РУ.

Разработана методика оценки погрешностей результатов расчётов, получаемых с помощью программных комплексов, соответствующая современным подходам к анализу неопределённостей и чувствительности и включающая оценку неопределённостей, обусловленных точностью используемых моделей физических процессов, входных данных, и вычислительных неопределённостей.

Разработаны механистические физико-математические модели для описания процессов, протекающих в смешанном нитридном уран-плутониевом топливе.

На основе тщательного анализа имеющихся экспериментальных данных, выбраны наиболее надёжные теплофизические свойства жидкого свинцового теплоносителя, которые реализованы в разработанной базе данных по свойствам материалов и теплоносителей.

Развиты методические основы интеграции (взаимодействия) отдельных программных модулей в составе интегральных программных комплексов, которые реализованы в виде интегрирующей оболочки.

Таким образом, развиты научно-методические основы разработки и верификации интегральных программных комплексов, предназначенных для анализа и обоснования безопасности реакторных установок на быстрых нейтронах с жидкометаллическим теплоносителем, и создан сам интегральный программный комплекс.

**Практическая значимость работы** состоит в том, что в распоряжении конструкторских организаций, организации – научного руководителя проектов реакторных установок на быстрых нейтронах с жидкометаллическими теплоносителями, а также вовлечённых в соответствующие проекты исследователей появился современный, верифицированный интегральный программный комплекс ЕВКЛИД/V1, обеспечивающий расчётное обоснование безопасности действующих и проектируемых реакторных установок на быстрых нейтронах с натриевым, свинцовым или свинцово-висмутовым теплоносителями. Следует отметить, что программный комплекс ЕВКЛИД/V1 передан в

АО «НИКИЭТ» на основании лицензионного договора, начато его использование для обоснования безопасности реакторной установки БРЕСТ-ОД-300.

**Степень достоверности результатов диссертационной работы** подтверждается:

1. Применением научно обоснованных расчётных 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 отчёта интегрального программного комплекса ЕВКЛИД/V1 и его твэльного модуля БЕРКУТ и аттестационным паспортом теплогидравлического модуля HYDRA-IBRAE/LM/V1.1.

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 отчётах 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 расчётных кодов.

Результаты работы прошли достаточную апробацию в выступлениях на 18 международных и российских конференциях и семинарах. По теме диссертации её автором опубликовано 33 печатных работы, из них 15 – в ведущих рецензируемых отечественных и одном зарубежном журналах из перечня ВАК Минобрнауки России, получено 3 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ, выпущено одно учебное пособие.

Автореферат изложен хорошим языком. Стиль изложения обеспечивает четкое определение поставленной задачи, методов исследования и полученных результатов.

Вместе с тем, по материалам автореферата имеются следующие замечания:

1. В автореферате сказано, что автору удалось устранить неточности при обработке экспериментальных данных, в части неучёта продольной теплопроводности в жидком металле. Не ясно, как это было сделано, так как учесть процесс кондуктивного переноса тепла можно только расчетным путем.
2. В автореферате сказано, что для трения двухфазного потока о стенку автором диссертационной работы разработано новое соотношение, более точно описывающее литературные данные последних 60 лет. Вместе с тем, не конкретизировано, в чем состоит новизна подхода и к каким положительным последствиям это привело.
3. При моделировании по коду ЕВКЛИД/V1 режима работы РУ БРЕСТ-ОД-300, вызванного исходным событием «разрыв трубки парогенератора», для максимальной температуры топлива получена существенная неопределенность расчета уже в исходном, стационарном, состоянии – порядка 150 °С (см. рисунок 5). Это требует объяснения, тем более что для режима «Ввод полного запаса положительной реактивности» такого эффекта не наблюдается.

Несмотря на указанные замечания, можно констатировать, что диссертация Мосуновой Н.А., судя по автореферату, является законченным самостоятельно выполненным научно-квалификационным исследованием, в котором решена задача разработки интегрального программного комплекса нового поколения, предназначенного для моделирования режимов нормальной эксплуатации и нарушений нормальной эксплуатации реакторных установок на быстрых нейтронах с жидкометаллическим теплоносителем. Работа выполнена на высоком научно-техническом уровне, что подтверждает квалификацию диссертанта. Судя

по автореферату, представленная работа отвечает требованиям положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. N 842 (пункты 9 – 14), а ее автор, 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.

Заместитель генерального директора по  
НИОКР АО «НИКИЭТ», доктор. техн.  
наук



Лопаткин Александр  
Викторович

Почтовый адрес: 101000, г. Москва, Главпочтамт, а/я 788

Телефон: (499) 263-73-18

Адрес электронной почты: [loparkin@nikiet.ru](mailto:loparkin@nikiet.ru)

Подпись Лопаткина А.В. заверяю

Ученый секретарь АО «НИКИЭТ»  
канд. хим. наук



А.В. Джалавян

10.2018

