

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Колташева Дмитрия Александровича «Связанные расчёты макроячеек реактора на базе трёхмерных нейтронно-физических и теплогидравлических кодов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.03 – Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации

Нейтронно-физический расчет активной зоны реактора проводится на различных этапах его проектирования и эксплуатации. В настоящее время для нейтронно-физического расчета ядерного реактора используется большое число специализированных программ, которые можно разделить на детерминистические и реализующие метод Монте-Карло (стохастические). Если ранее стохастические программы применялись для получения реперных нейтронно-физических характеристик элементарных ячеек, двумерных и трёхмерных тепловыделяющих сборок, реакторов и критических сборок «нулевой» мощности, то в настоящее время благодаря бурному развитию компьютерных технологий и численных методов, а также кратному увеличению вычислительных мощностей, стохастические программы находят все более широкое применение для расчетов активных зон реакторов с учётом теплофизических обратных связей.

Диссертационная работа Колташева Дмитрия Александровича посвящена актуальной задаче – проведению связанных стационарных нейтронно-физических (на базе методов Монте-Карло) и теплогидравлических (на базе CFD и канальных кодов) расчётов макроячеек реактора с водяным и жидкометаллическим теплоносителем. Актуальность работы не вызывает сомнений, поскольку современные требования к обоснованию безопасности реакторных установок как с водяным, так и с жидкометаллическим теплоносителем предполагают моделирование широкого класса процессов, протекающих в активных зонах, с использованием связанных расчётов на базе нейтронно-физических и теплогидравлических кодов. Прецизионные расчёты с использованием современных нейтронно-физических кодов, реализующих метод Монте-Карло, и теплогидравлических CFD кодов позволяют определять локальные характеристики в сложных системах, а также учитывать локальные эффекты, связанные с различными пространственными неоднородностями.

Таким образом, помимо детерминистических программ, штатно используемых при проектировании и обосновании безопасности топливных циклов реакторов с водяным и жидкометаллическим теплоносителем, появляется возможность проводить независимые проверочные или уточняющие расчеты некоторых важных для безопасности реактора характеристик. Поэтому практическая значимость работы не вызывает сомнений.

Научная новизна диссертационной работы заключается в построении согласованной расчётной модели, для создания которой автором диссертации разработан инструмент автоматизированной подготовки, что позволило использовать для расчётов различные теплогидравлические коды.

Обоснованность научных положений, а также достоверность выполненных автором разработок подтверждаются результатами проведённых численных исследований, сравнений результатов моделирования с данными, полученными по независимым программным комплексам, а также использованием для расчётов широко известных и хорошо зарекомендовавших себя программ MCU, OpenFOAM и HYDRA.

Результаты диссертационной работы прошли достаточную апробацию на российских конференциях, семинарах и симпозиумах. По теме диссертации автором опубликовано 4 статьи в рецензируемых журналах, входящих в перечень научных изданий ВАК. Публикации отражают основные положения и выводы диссертации.

Необходимо отметить, что текст автореферата написан хорошим русским языком, изложение материала продумано и логично. Однако к содержанию автореферата имеются следующие замечания.

1. В тексте автореферата не объяснён выбор метода релаксации, не затронут вопрос доказательства сходимости данного метода применительно к решению системы уравнений, описывающих стационарное состояние рассмотренных систем, а также не проанализирована целесообразность использования альтернативных итерационных схем, например, схемы Я. Дюфека и В. Гудовски.

2. При анализе устойчивости метода релаксации в автореферате приведены зависимости от номера итерации интегральной характеристики – коэффициента размножения нейтронов, в то время как большей чувствительностью к локальному изменению теплогидравлических параметров (температуры и плотности теплоносителя, температуры топлива) обладают дифференциальные характеристики, такие как плотность потока нейтронов, энерговыделение и т.п. В качестве пожеланий к дальнейшей работе можно порекомендовать провести исследования влияния параметров релаксации и критериев сходимости на распределения энерговыделения в рассматриваемых системах.

3. На рисунке 9 наблюдается заметное  $\sim 50$  °С отклонение в результатах расчётов температуры топлива в центральной части твэла, полученных с использованием программных комплексов MCU-FREE/HYDRA-IBRAE/H<sub>2</sub>O и MCNP5/SUBCHANFLOW. В тексте автореферата не приведено объяснение данного отклонения.

Указанные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы.

Диссертационная работа выполнена на высоком научно-техническом уровне и удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Колташев Дмитрий Александрович заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.14.03 – Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации.

Начальник лаборатории  
программного обеспечения  
Федерального государственного бюджетного  
учреждения «Национальный исследовательский  
центр «Курчатовский институт»,  
кандидат технических наук  
123182, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1  
тел.: 8 (499) 196-96-43  
e-mail: Bikeev\_AS@nrcki.ru

Бикеев Артем Сергеевич

07.06.2021

Начальник отдела  
реперных расчётов ядерных реакторов  
Федерального государственного бюджетного  
учреждения «Национальный исследовательский  
центр «Курчатовский институт»,  
кандидат физико-математических наук  
123182, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1  
тел.: 8 (499) 196-94-89  
e-mail: Shkarovskiy\_DA@nrcki.ru

Шкаровский Денис Александрович



07.06.2021

Подписи Шкаровского Д.А. и Бикеева А.С. заверяю  
Главный учёный секретарь НИЦ «Курчатовский институт»  
кандидат медицинских наук

Еремин Илья Игоревич