

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Варивцева Артема Владимировича «РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАДИАЦИОННОГО ТЕПЛОВЫДЕЛЕНИЯ В РЕАКТОРЕ БОР-60», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.14.03 – Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации.

Диссертация Варивцева Артема Владимировича посвящена исследованию актуальной проблемы - повышению представительности и достоверности реакторно-физического эксперимента, предназначенного для испытаний, в первую очередь, перспективных материалов. С одной стороны реакторный эксперимент является наиболее полноценным с точки зрения воссоздания тех условий, при которых облучаемому материалу предстоит работать, поскольку именно в работающем на мощности реакторе реализуется та совокупность физических процессов, которая на практике, нигде кроме работающего реактора не наблюдается. С другой стороны, именно реакторный эксперимент является самым сложным для анализа в силу высокой степени неопределенности исходных данных и непрерывного изменения состояния реактора во время проведения эксперимента (изменение положения органов регулирования, изменение изотопного состава). Как правило, сами по себе реакторные измерения (за исключением, может быть, измерений эффективности органов СУЗ), становятся информативными только после тщательно проведенного расчетного анализа эксперимента. Именно в этом направлении и развивались приведенные в диссертации А.В. Варивцева исследования.

**Целью диссертационной работы** является разработка научно обоснованной методики расчетного определения радиационного тепловыделения в материалах, облучаемых в исследовательском реакторе на быстрых нейтронах, основанной на методе Монте-Карло и учитывающей основные компоненты поглощенной энергии реакторного излучения. Для достижения этой цели А.В. Варивцевым были решены следующие задачи:

– Обобщение и анализ расчётных и экспериментальных данных по распределению радиационного тепловыделения в реакторе БОР-60;

– Разработан алгоритм расчёта мощности радиационного тепловыделения в исследовательском реакторе на быстрых нейтронах, учитывающего основные компоненты реакторного излучения, в том числе, учитывающий вклад запаздывающего излучения;

– Тестирование методики с использованием ранее полученных экспериментальных данных;

– Планирование и проведение методического эксперимента в специально разработанном облучательном устройстве для верификации разработанной методики (в том числе и разработка облучательного устройства).

**Новизна работы** заключается в следующем:

1. впервые получены результаты исследований поля запаздывающего гамма-излучения от продуктов деления ядер топлива в реакторе БОР-60;
2. разработана и внедрена методика расчётного определения мощности тепловыделения в элементах реактора БОР-60, позволяющая качественно повысить точность получаемых результатов;
3. проведён методический эксперимент в обоснование расчетной методики определения радиационного тепловыделения в активной зоне реактора БОР-60;
4. методика расчётного определения радиационного тепловыделения впервые применена при проведении экспериментальных исследований в реакторе БОР-60.

**Достоверность** научных положений, выводов и практических результатов, полученных в диссертационной работе, подтверждена:

1. в первую очередь, сопоставлением с результатами измерений, в частности использованием данных, полученных в результате эксперимента по определению радиационного тепловыделения в реакторе БОР-60 калориметрическим методом;

2. применением расчетных средств прецизионного класса, а именно расчетного кода MCU-RR, разработанного ведущими отечественными специалистами в области математического моделирования и физики переноса излучений;
3. результатами специального методического эксперимента.

Следует отметить, что разработанная в результате выполненной работы методика аттестована отделом метрологии и измерительной техники АО «ГНЦ НИИАР». Все вышесказанное позволяет говорить о достоверности и обоснованности сделанных в диссертации выводов и рекомендаций.

### **Практическая значимость работы**

Разработанная в результате выполненной работы методика внедрена и активно применяется на реакторе БОР-60 для планирования и сопровождения программ реакторных испытаний перспективных материалов и изделий из них как по отечественным проектам, так и по контрактам с зарубежными заказчиками (США, Южная Корея, Франция, Япония, Италия, Бельгия и др.). Особую практическую значимость результатам работы придает то обстоятельство, что реакторный эксперимент, вообще говоря, является самым дорогостоящим, поэтому все, что повышает его информативность, включая корректные методики его расчетного анализа, является чрезвычайно ценным.

В силу того, что оппонент является также членом секции №1 совета по аттестации программных средств при Научно-Техническом Центре по Ядерной и Радиационной Безопасности (НТЦ ЯРБ) Ростехнадзора, он также считает возможным рекомендовать результаты проведенного в рамках диссертации методического эксперимента для использования в рамках работы секции №1, в частности при подготовке верификационных отчетов.

Содержание диссертации полностью соответствует специальности 05.14.03 – Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации;

Все основные положения и выводы диссертации опубликованы в изданиях, входящих в перечень ВАК;


Автореферат соискателя в полной степени отражает положения, выводы и рекомендации, содержащиеся в диссертации.

Вместе с тем, оппонент считает уместным высказать ряд замечаний:

1. Наиболее серьезным недостатком диссертации является то, что отсутствует анализ вклада различных продуктов деления и активации в формирование источника запаздывающих гамма-квантов.
2. Соискателем совершенно справедливо отмечено, что полученные ранее эмпирические зависимости не могли корректно описывать радиационное тепловыделение в активных зонах с изменившейся конфигурацией, обогащением топлива, однако по логике вещей было бы корректно сделать этот же вывод в отношении корректировочного множителя в формуле (3.2), который также должен в сильной степени зависеть от изменений конфигурации активной зоны, состава топлива или изменения технологии его изготовления (таблеточное или виброуплотненное).
3. Оппонент рискнет также высказать предположение, что информативность методического эксперимента выросла бы еще больше, если бы в облучательном устройстве, при помощи которого проводился методический эксперимент, измерения температур выполнялись бы одновременно с измерениями скоростей реакций деления и захвата (для этого можно было использовать детекторы в виде фольг).

**Несмотря на отмеченные недостатки,** диссертационное исследование Варивцева Артема Владимировича на тему «РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАДИАЦИОННОГО ТЕПЛОВЫДЕЛЕНИЯ В РЕАКТОРЕ БОР-60» выполнено на высоком научно-техническом уровне (по мнению оппонента, в

целом вокруг реактора БОР-60 в настоящее время сложилась лучшая в России школа по расчетному анализу и планированию реакторно-физического эксперимента) и полностью соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 05.14.03, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.03 – Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации.

Кандидат технических наук,  Невиница Владимир Анатольевич  
Начальник отдела быстрых реакторов,  
Курчатовский Ядерно-Технологический Комплекс,  
НИЦ «Курчатовский Институт»  
тел. (499) 196 70-16 , e-mail Neviniza\_VA @nrcki.ru

НИЦ «Курчатовский институт»  
Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1

Подпись начальника отдела Невиницы Владимира Анатольевича заверяю:

Главный учёный секретарь  
НИЦ «Курчатовский институт»



С.Ю. Стремоухов