

## **ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**

на диссертацию Пышкиной Марии Дмитриевны «Совершенствование системы индивидуального дозиметрического контроля нейтронного излучения на объектах использования атомной энергии», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.9. «Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность».

**Актуальность темы.** Диссертационная работа посвящена решению задачи по совершенствованию системы индивидуального дозиметрического контроля персонала радиационно опасных объектов.

Получение данных об уровнях воздействия излучения на персонал, с требуемой точностью, является неотъемлемой частью подхода к обеспечению радиационной безопасности.

В диссертационной работе приведены результаты разработок средств измерений и методологических подходов к получению оценок эффективных доз облучения персонала при воздействии нейтронного излучения как в условиях нормальной эксплуатации реакторных установок, так и в условии аварийного облучения.

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследований, отражена значимость, научная новизна, представлены положения, выносимые на защиту.

**В первой главе** представлен обзор литературных данных об источниках нейтронного излучения, их характерных энергетических и угловых распределений плотностей потоков.

Рассмотрены основные методы нейтронной спектрометрии. Приводится обоснование выбора метода на основе сфер Боннера для определения энергетического распределения плотности потока нейтронного излучения на объектах использования атомной энергии. Проведен анализ методов восстановления спектра нейтронного излучения, обоснован выбор метода параметризации.

**Вторая глава** посвящена описанию концепции мультисферного спектрометра, моделированию его энергетических зависимостей чувствительности и представлению непосредственного технического исполнения средства измерения, предназначенного для определения энергетического распределения плотности потока нейтронного излучения, а также оценки неопределенности измерений дифференциальной плотности потока нейтронного излучения. Приведены результаты валидации и верификации разработанного метода восстановления энергетического распределения плотности потока нейтронного излучения.

**В третьей главе** представлены результаты исследования характеристик полей нейтронного излучения на четырех объектах: Белоярской АЭС, Нововоронежской АЭС, АО «ИРМ» и УНЦ «Исследовательский ядерный реактор». Описаны подходы к определению принятого значения эффективной дозы облучения персонала нейтронным излучением и поправочным коэффициентам к индивидуальным дозиметрам.

**В четвертой главе** диссертации описан метод измерения эффективной дозы при аварийном нейтронном облучении путем размещения индивидуального дозиметра внутри тела человека. Представлены концепт индивидуального дозиметра, моделирование его энергетических зависимостей чувствительности в зависимости от геометрии облучения, результаты экспериментальной апробации работы индивидуального дозиметра.

В диссертации получены следующие результаты, характеризующиеся **научной новизной**:

1. Разработано и внесено в реестр средств измерений (СИ) Федерального информационного фонда (ФИФ) по обеспечению единства измерений (ОЕИ) СИ на основе ЗНе-счетчика под давлением для серийного производства многосферного спектрометра нейтронного излучения, разработан метод математической обработки результатов измерений прибора

для определения энергетического распределения плотности потока нейтронного излучения на рабочих местах персонала ОИАЭ.

2. Разработан метод математической обработки результатов измерений, позволяющий оценивать принятое значение эффективной дозы облучения нейтронным излучением для энергий нейtronов в диапазоне от 0,025 эВ до 20 МэВ.

3. Впервые разработан метод определения эффективной дозы при аварийном нейтронном облучении, основанный на размещении индивидуального дозиметра внутри тела человека.

**Достоверность** результатов работы базируется на всестороннем анализе выполненных ранее работ по предмету исследования, использовании поверенных и аттестованных СИ, проверенного программного обеспечения, современных средств и методов проведения исследований (математическое моделирование и планирование эксперимента); подтверждается представительным объемом исходного материала, хорошей сходимостью результатов теоретических расчетов, моделирования с экспериментальными данными; подтверждается лабораторной и опытной апробацией разработанной технологии, свидетельствами об метрологической экспертизе применяемых методик (методов) измерений.

Тема диссертационной работы соответствует паспорту заявленной специальности 2.4.9. «Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность». Согласно формуле специальности, в диссертационной работе представлен результат разработки отечественного средства измерения на основе  ${}^3\text{He}$ -счетчика под давлением и разработан метод математической обработки результатов измерений прибора для определения энергетического распределения плотности потока нейтронного излучения на рабочих местах персонала ОИАЭ. На его основе разработан метод определения эффективной дозы при аварийном нейтронном облучении путем размещения индивидуального дозиметра внутри тела человека.

## Замечания

К диссертации есть несколько сутевых, терминологических и редакционных замечаний:

1) Во второй главе приводятся результаты валидации и верификации разработанного метода восстановления энергетического распределения плотности потока нейтронного излучения с использованием двух наиболее широко распространенных радионуклидных нейтронных источников:  $^{239}\text{Pu}(\alpha, n)\text{Be}$  и  $^{252}\text{Cf}$ . Результаты восстановления энергетического распределения плотности потока нейтронного излучения сопоставлялись со справочными значениями, но не приводится анализа полученных данных, в том числе расхождений данных по восстановленным и справочным спектрам для различных реакторов.

2) При выполнении диссертационной работы автор активно использовал программный код FLUKA для расчета нейтронных полей и моделирования прохождения и взаимодействия нейтронного излучения с веществом. FLUKA – широко известный код для решения различных задач, связанных с расчетом характеристик различных детекторов и активно используется в различных зарубежных лабораториях, включая ЦЕРН, при решении задач, связанных, в частности, с детекторными проблемами. Возможно, именно этим обстоятельством и объясняется выбор автора этого кода в своей работе. Однако, для подобных задач в Российской Федерации разработаны и аттестованы такие программные продукты как: MCU (НИЦ «Курчатовский институт») и TDMCC (ВНИИЭФ) и др., которые позволяют проводить расчеты нейтронных полей в области реакторных нейтронов. Т.к. из материалов диссертации следует, что автор собирается продолжить подобные исследования, то было бы полезно провести сравнение полученных по FLUKA результатов с аналогичными по российским кодам.

3) Определение расчетного кода как «высокопрецизионный» неправильное, корректное определение – «прецизионный».

4) Завышено число значащих цифр в результатах измерений мощности дозы, приведенных таблице 4.3 текста диссертации и в таблицах 7 и 8 автореферата.

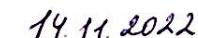
5) Из употребляемых слов: «корректное», «адекватное» и «достоверное» поясняется и доказывается только «достоверное определение эффективной дозы», смысл двух других слов не поясняется.

Указанные замечания не снижают ценности представленной к защите диссертационной работы.

**Заключение.** По своей актуальности, новизне, научной и практической значимости диссертационная работа соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ, а ее автор Пушкина Мария Дмитриевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.9. «Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность».

Официальный оппонент:  
 Исполняющий обязанности  
 заведующего лабораторией  
 комплексной оценки состояния  
 радиационно опасных объектов,  
 ФГУН Институт проблем безопасного  
 развития атомной энергетики  
 Российской академии наук,  
 кандидат технических наук,  
 115191, г. Москва, Большая Тульская ул., д. 52,  
 тел. +7 (495) 955-22-86, E-mail: pbl@ibrae.ac.ru

  
 Блохин Павел Анатольевич

  
 14.11.2022

Подпись Блохина Павла Анатольевича удостоверяю:

Ученый секретарь ИБРАЭ РАН  
 к.ф.-м.н. В. Е. Калантаров



