



ВНИИМ

им. Д.И. Менделеева

**Федеральное государственное унитарное
предприятие «Всероссийский научно-
исследовательский институт
метрологии им. Д.И. Менделеева»**

Московский пр., д. 19, Санкт-Петербург, 190005
Тел.: (812) 251-76-01, факс: (812) 713-01-14
e-mail: info@vniim.ru | www.vniim.ru
ИНН 7809022120, КПП 783901001, ОКПО 02566450
ОГРН 1027810219007, ОКТМО 403050000000,
ОКОПФ 65241, ОКОГУ 1323565, ОКФС 12

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор
Федерального государственного
унитарного предприятия «Всероссийский
научно-исследовательский институт
метрологии им. Д.И. Менделеева»
(ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»)



А.Н. Пронин

2026 г.

№ _____

на № _____

от _____

Отзыв ведущей организации

на диссертацию Федорова Сергея Григорьевича «Разработка методов
и средств повышения точности, расширения энергетических и измерительных
диапазонов при воспроизведении и передаче единиц мощности поглощенной дозы,
мощностей амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы нейтронного
излучения», представленной на соискание ученой степени кандидата технических
наук по специальности

2.2.10 – Метрология и метрологическое обеспечение

На основании анализа поступивших на отзыв диссертации и автореферата
диссертации Федорова Сергея Григорьевича сделаны следующие заключения и
выводы.

Актуальность для науки и практики

Диссертационная работа Федорова С.Г. выполнена в Федеральном
государственном унитарном предприятии «Всероссийский научно-
исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений»
(ФГУП «ВНИИФТРИ») и посвящена решению актуальной научной задачи,
заключающейся в разработке методов и средств воспроизведения и передачи
дозиметрических единиц величин нейтронного излучения путем улучшения
метрологических характеристик Государственного первичного эталона единиц
мощности поглощенной дозы и мощности эквивалента дозы нейтронного излучения
ГЭТ 117-2010 (далее – ГЭТ 117-2010).

Актуальность расширения измерительных возможностей ГЭТ 117-2010
вызвана необходимостью обеспечения единства измерений в области клинической
дозиметрии для целей лучевой терапии при лечении онкологических заболеваний,



для дозиметрического контроля нейтронного излучения от ядерно-физических установок, для проведения аттестации испытательного оборудования при проведении испытаний на радиационную стойкость.

Оценка структуры и содержания работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы, из 120 наименований, списка работ, опубликованных в журналах, рекомендованных ВАК, и 8 приложений. Общий объем работы составляет 168 страниц машинописного текста, включая 58 рисунков, 20 таблиц. Представленные материалы в полной мере характеризуют результаты исследования. Порядок изложения материала логичен и последователен, применяемая терминология, в основном, соответствует общепринятой. Объем использованных литературных источников обеспечивает необходимую глубину анализа рассматриваемой научной проблемы. При использовании результатов работ других авторов в тексте диссертации приведены соответствующие ссылки и цитирования. Автореферат диссертации соответствует содержанию исследования, его теоретической и экспериментальной составляющей по основным научным положениям.

Степень обоснованности и достоверности научных результатов

Обоснованность научных положений и выводов, а также достоверность результатов исследования, подтверждаются: применением апробированных методов определения параметров ионизирующих излучений и современных методов статистической обработки экспериментальных данных с оценкой расширенной неопределённости измерений, публикациями результатов исследований в ведущих научных рецензируемых изданиях и их апробации на международных научных конференциях.

Новизна основных научных результатов и их значимость для науки и производства

Автором получены следующие основные результаты:

- впервые учтена поправка на эффект температурного расширения конструктивных элементов ионизационной камеры, позволяющая учесть изменение массы газа в эффективном объеме при воспроизведении единицы мощности поглощенной дозы нейтронного излучения;

- впервые для целей нейтронной лучевой терапии разработаны метод и средства передачи единицы мощности поглощенной дозы нейтронного излучения на основе созданного многоканального сцинтилляционного блока регистрации с автоматизированной системой управления, измерения, сбора и обработки данных, позволяющие обеспечить передачу единицы мощности поглощенной дозы

нейтронного излучения с относительной расширенной неопределенностью измерений U , не превышающей 2,9 % при $k = 2$;

– впервые разработан аппаратурно-методический комплекс воспроизведения и передачи единиц мощностей амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы нейтронного излучения, позволяющий осуществлять расчет данных единиц величин на основе измерений энергетического спектра нейтронов в диапазоне энергий от $1 \cdot 10^{-3}$ до 20 МэВ за счет расширенного набора детекторов и увеличения числа энергетических групп с 47 до 227, что позволило осуществлять передачу данных единиц величин полям нейтронов, применяемых на практике.

Научные результаты и выводы, сформулированные в диссертационной работе, реализованы при совершенствовании ГЭТ 117-2010 и проведении работ по аттестации вторичных и рабочих эталонов единиц амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы нейтронного излучения и подтверждены актами внедрения.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационного исследования

Полученные результаты были внедрены в состав Государственного первичного эталона единиц поглощенной дозы, мощности поглощенной дозы, амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы, мощностей амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы нейтронного излучения ГЭТ 117-2023 при проведении его совершенствования (приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 21 марта 2023 г. № 602).

Полученные в работе результаты позволили обеспечить единство измерений в области клинической дозиметрии нейтронного излучения, а также проводить испытания, поверку и калибровку новых высокоточных средств измерений (приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 21 июля 2023 г. № 1490).

Разработанные методы и средства воспроизведения и передачи единиц мощностей амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы нейтронного излучения позволяют осуществлять измерения энергетического спектра нейтронов в гамма-нейтронных полях, применяемых на практике в научно-исследовательских институтах, региональных центрах метрологии и стандартизации при проведении работ по поверке и аттестации рабочих эталонов и испытательного оборудования, а также организациях в области здравоохранения и в области использования атомной энергии при осуществлении радиационного и дозиметрического контроля.

Соответствие содержания диссертации паспорту специальности

По поставленным целям, задачам и содержанию исследований диссертационная работа Федорова С.Г. соответствует паспорту научной специальности 2.2.10 – «Метрология и метрологическое обеспечение»

по направлениям 5 «Совершенствование системы обеспечения единства измерений и метрологической инфраструктуры страны» и 7 «Разработка и внедрение новых государственных эталонов единиц измерений величин, позволяющих существенно повысить единство и точность измерений».

Полнота опубликованных результатов работ

Материалы диссертационного исследования опубликованы в 21 печатной работе, в том числе, 8 статей опубликованы в ведущих научных журналах, рекомендованных ВАК, из них 4 без соавторов.

Получено 3 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ и 1 патент РФ на изобретение.

Личное участие автора в получении результатов диссертации

Автором самостоятельно проведена разработка методов и средств повышения точности измерений дозиметрических единиц величин нейтронного излучения путем улучшения метрологических характеристик ГЭТ 117-2010, в том числе:

- проведен анализ неопределенности измерений при воспроизведении и передаче единицы мощности поглощенной дозы нейтронного излучения;
- выполнен анализ методов и средств воспроизведения и передачи единиц дозиметрических величин нейтронного излучения, в том числе и в зарубежных национальных метрологических институтах;
- спроектированы, разработаны, собраны и отлажены полостные ионизационные камеры;
- проведены испытания и определены метрологические характеристики разработанного аппаратурно-методического комплекса воспроизведения единицы мощности поглощенной дозы нейтронного излучения;
- разработаны метод и средства измерений на основе многоканального сцинтилляционного блока регистрации с системой управления, измерения, сбора и обработки данных;
- проведены испытания и определены метрологические характеристики разработанного аппаратурно-методического комплекса передачи единицы мощности поглощенной дозы нейтронного излучения на ядерно-физические установки, применяемые в нейтронной лучевой терапии;
- проведен анализ неопределённости измерений при воспроизведении и передаче единиц мощности амбиентного эквивалента дозы и мощности индивидуального эквивалента дозы нейтронного излучения;
- выполнен анализ методов и средств воспроизведения и передачи на основе измерений энергетического спектра нейтронов;

– спроектированы, разработаны, собраны и отлажены блоки регистрации на основе ионизационного и сцинтилляционного методов регистрации нейтронов с набором шаровых замедлителей;

– разработано и испытано программное средство «ResFunction», автоматизирующее процесс расчета значений функций чувствительности детекторов на основе методов численного моделирования Монте-Карло;

– разработано и испытано программное средство «BSpectr» для восстановления энергетического спектра нейтронов с помощью итерационных методов;

– проведены испытания и определены метрологические характеристики разработанного аппаратурно-методического комплекса воспроизведения и передачи единиц мощности амбиентного эквивалента дозы и мощности индивидуального эквивалента дозы нейтронного излучения.

Представленные в работе исследования достоверны, выводы и рекомендации обоснованы.

Общие замечания и рекомендации

В бюджетах неопределённости измерений, приведённых в главе, посвящённой анализу методов и средств определения дозиметрических величин нейтронного излучения, приведены необоснованно высокие точности измерений.

В разделе «Анализ методов и средств определения мощностей амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы нейтронного излучения» отсутствуют упоминания о проводившихся ключевых и дополнительных международных сличениях в этой области (EUROMET.RI(III)-S1, APMP.RI(III)-S1, CCRI(III)-S1).

Недостаточно обоснован учёт поправки на эффект температурного расширения конструктивных элементов ионизационной камеры, позволяющий учесть изменение массы газа в эффективном объеме при воспроизведении единицы мощности поглощенной дозы нейтронного излучения.

Заключение

Диссертационная работа Федорова Сергея Григорьевича «Разработка методов и средств повышения точности, расширения энергетических и измерительных диапазонов при воспроизведении и передаче единиц мощности поглощенной дозы, мощностей амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы нейтронного излучения», представленная на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.10 – «Метрология и метрологическое обеспечение», является завершённой работой, удовлетворяет требованиям «О порядке присуждения ученых степеней», утверждённым Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, а её автор достоин присуждения ему учёной степени кандидата технических наук.

Диссертационная работа Федорова Сергея Григорьевича и отзыв ведущей организации обсуждены на заседании секции Ученого Совета ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» «Измерения ионизирующих излучений» (протокол № 2 от 03 сентября 2026 г.).

Отзыв составил:

Председатель Секции Ученого Совета
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»
«Измерения ионизирующих излучений»,
и.о. руководителя научно-исследовательского
отдела измерений ионизирующих излучений,
кандидат технических наук по специальности
2.2.10 – Метрология и метрологическое обеспечение



Г.В. Жуков

Подпись Григория Васильевича Жукова удостоверяю:
заместитель генерального директора
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»



Н.Р. Вербницкая

Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева»
(ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»)
190005, г. Санкт-Петербург, Московский пр., д. 19