

ОТЗЫВ

научного консультанта на диссертацию на соискание ученой степени доктора технических наук Берлянда Александра Владимировича на тему «Совершенствование системы обеспечения единства измерений поглощенной дозы рентгеновского, протонного, ионного излучений и энергии, флюенса и плотности потока тяжелых заряженных частиц» по специальности 2.2.10 – Метрология и метрологическое обеспечение.

Диссертационная работа Берлянда Александра Владимировича «Совершенствование системы обеспечения единства измерений поглощенной дозы рентгеновского, протонного, ионного излучений и энергии, флюенса и плотности потока тяжелых заряженных частиц» выполнена в научно-исследовательском отделении метрологии ионизирующих излучений НИО-4 Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений» (ФГУП «ВНИИФТРИ»). Диссертация посвящена решению актуальной научной проблемы, связанной с обеспечением единства измерений параметров ионизирующих излучений для целей ядерной медицины и космической отрасли путем разработки методов и средств воспроизведения единиц поглощенной дозы низкоэнергетического рентгеновского излучения, в полях протонов и ионов углерода, единиц энергии, флюенса и плотности потока тяжелых заряженных частиц.

В 2014 г А.В. Берлянд защитил кандидатскую диссертацию на тему «Разработка методов и средств воспроизведения поглощенной дозы в воде рентгеновского излучения в диапазоне энергий от 15 до 250 кэВ» по специальности 05.11.15 «Метрология и метрологическое обеспечение». Представленная на соискание ученой степени доктора технических наук диссертация продолжает проведенные ранее исследования, опираясь на достигнутые в кандидатской работе результаты.

Актуальность работы определяется тем, что к моменту её начала в Российской Федерации имело место существенное несоответствие между возрастающими требованиями современной лучевой терапии и технологическими возможностями эталонной базы. Современная клиническая дозиметрия требует обеспечения точности измерений поглощенной дозы не хуже 3 %, однако разные виды излучений, применяемые при лучевой терапии (протонное, ионное излучения, брахитерапия), не были обеспечены надлежащей метрологической прослеживаемостью. Кроме того, при создании новых типов электронной компонентной базы для космических аппаратов остро стоит вопрос контроля параметров тяжелых заряженных частиц (энергии, флюенса, плотности потока) с точностью не хуже 10 %. Именно эти факторы определили актуальность

выполненной работы для обеспечения высокотехнологичной медицины в стране и развития космической отрасли.

Диссертант внес значительный вклад в развитие методологии воспроизведения и передачи единиц физических величин в области метрологии ионизирующих излучений. Основные научные результаты включают:

Установленные зависимости эффектов в первичных преобразователях от вида и энергии излучения позволили определить оптимальные параметры конструкций адиабатических калориметров, калориметров полного поглощения, цилиндров Фарадея и ионизационных камер. Разработанные конструкции позволяют воспроизводить поглощенную дозу с расширенной неопределённостью не более 1,9-3,2 % для пучков протонов и ионов углерода, низкоэнергетического рентгеновского излучения и для брахитерапевтических источников.

Проведены первые исследования по оценке составляющих бюджета неопределенности измерений энергии, флюенса и плотности потока тяжелых заряженных частиц на государственном первичном эталоне.

Предложена и реализована структура усовершенствованного ГЭТ 38, обеспечивающего воспроизведение, хранение и передачу единиц поглощенной дозы, энергии, флюенса и плотности потока тяжелых заряженных частиц. Совершенствование проведено в три этапа (2011, 2021, 2024 годы) с последовательным расширением номенклатуры видов излучений и энергетических диапазонов.

Практическая ценность выполненной работы подтверждается её внедрением в ведущих российских научных и медицинских организациях.

Разработанные методы и средства обеспечили воспроизведение поглощенной дозы рентгеновского, протонного и ионного излучений, а также единиц энергии, флюенса и плотности потока тяжелых заряженных частиц на уровне государственных первичных эталонов.

Реализованы методы передачи единиц поглощенной дозы и мощности поглощенной дозы в воде клиническим дозиметрам с необходимой для качественного лечения пациентов точностью. Проведены успешные испытания универсального дозиметра эталонного класса для рентгеновского, электронного и протонного излучений.

На основе полученных результатов разработаны и утверждены три последовательных версии государственной поверочной схемы, включающие расширенный спектр видов излучений и расширенные диапазоны энергий.

Разработанные эталонные средства для измерения параметров пучков тяжелых заряженных частиц успешно включены в комплекс эталонной аппаратуры для испытаний электронной компонентной базы на радиационную стойкость при выполнении государственного контракта «Система-2020»

Диссертация отличается высоким уровнем выполнения и детальной

проработкой всех аспектов исследования. Достоверность полученных результатов подтверждается следующими факторами.

В работе применены как теоретические, так и экспериментальные методы, включая методы калориметрических, ионометрических и спектрометрических измерений. Используются современные численные методы моделирования для оптимизации параметров приборов и выбора конструктивных решений.

Реализованные подходы позволили обеспечить прослеживаемость результатов измерений при воспроизведении поглощенной дозы разных видов излучений к международным ключевым сличениям, что является очень высоким уровнем подтверждения достоверности.

Анализируя работу на предмет личного участия соискателя в получении результатов, следует отметить, что все основные результаты, представленные в диссертации, получены Берляндом А.В. лично либо под его непосредственным научным руководством. Диссертант самостоятельно сформулировал проблематику исследования и поставил цели и задачи; разработал методологию экспериментальных исследований; провел все ключевые эксперименты по оценке влияния эффектов в первичных преобразователях; выполнил расчеты параметров конструкций и поправочных коэффициентов; провел анализ результатов и интерпретацию полученных данных.

Вклад соискателя является первостепенным во всех главах диссертационной работы. Его роль заключалась не только в техническом выполнении экспериментов, но и в научном руководстве всем ходом исследования и формировании общей концепции развития эталонной базы.

Диссертационная работа полностью соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени доктора технических наук.

Содержание диссертации полностью соответствует пунктам 5 и 7 паспорта научной специальности 2.2.10 - Метрология и метрологическое обеспечение, касающимся совершенствования системы обеспечения единства измерений и разработки новых государственных эталонов.

По теме диссертации опубликовано 15 научных работ, из них 13 статей в журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий ВАК, что полностью соответствует требованиям к докторским диссертациям. Основные положения и результаты представлены на всероссийских и международных конференциях.

Материалы диссертации полностью отражены в опубликованных работах. В совместных публикациях личный вклад автора по теме диссертационной работы является определяющим.

Соискатель обладает глубоким пониманием проблемы, ответственным отношением к выполнению работы и способностью эффективно применять как

теоретические знания, так и практический опыт. Диссертант продемонстрировал умение организовывать сложные экспериментальные исследования, работать в составе многопрофильного научного коллектива и успешно взаимодействовать с зарубежными организациями при проведении международных сличений.

Работа выполнена на современном научном уровне, отличается оригинальностью подхода к решению поставленных задач и имеет значительное практическое применение. Все полученные результаты являются новыми и представляют интерес для научного сообщества и практикующих медицинских физиков.

На основе проведённого анализа диссертационной работы Берлянда Александра Владимировича, я как научный консультант рекомендую её к защите на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 2.2.10 - Метрология и метрологическое обеспечение.

Диссертация полностью соответствует требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, содержит новые научные результаты, имеющие значительную практическую ценность, и заслуживает одобрения диссертационного совета.

Начальник лаборатории фундаментальных
ядерно-физических исследований ККФИ
НИЦ «Курчатовский институт»
доктор физико-математических наук,
профессор



Ю.Е. Титаренко

«01» июня 2026 г.

Подписи Ю. Е. Титаренко заверяю

Заместитель директора – главный ученый секретарь

НИЦ «Курчатовский институт»

«01» июня 2026 г.



О.А. Алексеева