

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 32.1.001.01,
созданного на базе Федерального государственного унитарного предприятия
«Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии
им. Д.И. Менделеева» Федерального агентства по техническому
регулированию и метрологии Министерства промышленности и торговли
Российской Федерации, по диссертации на соискание ученой степени
кандидата наук

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от «09» сентября 2025 г. № 16
О присуждении Жукову Григорию Васильевичу, гражданину
Российской Федерации, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Метрологическое обеспечение измерений активности
гамма-излучающих радионуклидов»

по специальности 2.2.10. Метрология и метрологическое обеспечение
принята к защите «27» мая 2025 г., протокол заседания
диссертационного совета № 15.2, диссертационным советом 32.1.001.01,
созданным на базе Федерального государственного унитарного предприятия
«Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии
им. Д.И. Менделеева» Федерального агентства по техническому
регулированию и метрологии Министерства промышленности и торговли
Российской Федерации, 190005, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр.,
д. 19, приказ о создании диссертационного совета № 105/нк от «11» апреля
2012 г. (с изменениями, введенными приказами от 22 марта 2018 г. № 304/нк,
от 15 февраля 2019 г. №137/нк, от 19 марта 2020 г. №361/нк, от 15 ноября 2021
г. №1179/нк, от 26 января 2023 г. №94/нк).

Соискатель Жуков Григорий Васильевич, «14» февраля 1980 года
рождения.

В 2002 году окончил Санкт-Петербургский государственный морской
технический университет (Севмашвтуз) по специальности «Инженерная
защита окружающей среды (морская техника)», в 2015 году поступил на
работу во ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» в должности научного
сотрудника.

Соискатель Жуков Григорий Васильевич с 01.10.2016 по 30.09.2021
обучался по очной форме аспирантуры ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»
по направлению 05.11.15 «Метрология и метрологическое обеспечение», в
2021 году сдал кандидатский экзамен по специальной дисциплине 05.11.15
(2.2.10) Метрология и метрологическое обеспечение.

Соискатель Жуков Григорий Васильевич в настоящее время работает исполняющим обязанности руководителя научно-исследовательского отдела измерений ионизирующих излучений (НИО 210) во ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии Министерства промышленности и торговли Российской Федерации.

Диссертация выполнена в научно-исследовательском отделе измерений ионизирующих излучений (НИО 210) ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии Министерства промышленности и торговли Российской Федерации.

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, Алексеев Илья Владимирович, ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева», и.о. руководителя научно-исследовательской лаборатории госэталонов в области измерений активности радионуклидов (НИЛ 2101).

Официальные оппоненты:

Алексеев Игорь Евгеньевич, доктор химических наук, главный научный сотрудник отделения технологии изотопов Акционерного общества «Радиевый институт имени В.Г. Хлопина»;

Жеребчевский Владимир Иосифович, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры ядерно-физических методов исследования Санкт-Петербургского государственного университета, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений» – в своем положительном отзыве, подписанном заместителем начальника НИО-4 по научной работе, кандидатом технических наук, Коваленко Олегом Ивановичем и утвержденном генеральным директором, доктором технических наук, Донченко Сергеем Ивановичем, указала, что диссертационная работа Жукова Григория Васильевича, представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.10. Метрология и метрологическое обеспечение, является завершенной работой, удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а её автор достоин присуждения ему ученой степени кандидата технических наук.

Соискатель имеет 6 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 6 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 5 работ.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1) Жуков Г. В. Государственный первичный эталон единиц активности радионуклидов, удельной активности радионуклидов, потока альфа-, бета-частиц и фотонов радионуклидных источников ГЭТ 6-2016 / Г.В. Жуков, И.В. Алексеев, А.В. Заневский, Н.Н. Моисеев, С.В. Сэпман, Е.Е. Терещенко, С.Г. Трофимчук, И.А. Харитонов, Т.И. Шильникова // Измерительная техника. – 2019. – № 8. – С. 3–7. <https://doi.org/10.32446/0368-1025it.2019-8-3-7> (объем 0,6 п.л./авторский вклад 0,1 п.л.);

Личный вклад автора: проведение исследовательских работ, валидация результатов исследования, осуществление формального анализа, обработка полученных результатов, участие в написании текста статьи.

2) Жуков Г.В. Исследование мертвого времени установки 4ПГ-счета из состава государственного первичного эталона ГЭТ 6-2016 / Г.В. Жуков // АНРИ. – 2023. № 4 (115). С. 39 – 50. – DOI: 10.37414/2075-1338-2023-115-4-39-50 (объем 1,5 п.л.);

3) Жуков Г.В., Алексеев И.В., Коростин С.В., Токарев Н.А., Белугин К.В., Озерская А.В., Ганиева Р.М. Единица активности ^{68}Ga : прослеживаемость к государственному первичному эталону // Измерительная техника. — 2022. — № 7. — С. 63–68. — DOI: <https://doi.org/10.32446/0368-1025it.2022-7-63-68> (объем 0,6 п.л./авторский вклад 0,4 п.л.);

Личный вклад автора: постановка задачи и разработка концепции исследований методов калибровки с обеспечением прослеживаемости к Государственному первичному эталону единиц активности радионуклидов, оценка неопределенности калибровочного коэффициента, подготовка первоначального варианта статьи.

4) Michotte C., Courte S., Nonis M., Coulon R., Judge, S., Alekseev I. V., Zanevsky A. V., & Zhukov G. V. Update of the BIPM comparison BIPM.RI(II)-K1.Co-60 of activity measurements of the radionuclide ^{60}Co to include the 2019 result of the VNIIM (Russian Federation) // Metrologia. — 2021. — Vol. 58, No. 1A. — P. 06019. — DOI: 10.1088/0026-1394/58/1A/06019 (объем 3,0 п.л./авторский вклад 0,2 п.л.);

Личный вклад автора: проведение исследовательских работ, статистическая обработка полученных результатов и их интерпретация, участие в написании текста статьи.

5) Жуков Г.В. Вторичный эталон единицы активности гамма-излучающих радионуклидов — комплект спектрометрических источников ОСГИ / Г.В. Жуков, И.В. Алексеев, С.М. Аршанский, А.В. Заневский, А.А. Колодка, С.В. Сэпман, Е.Е. Терещенко, С.Г. Трофимчук, Т.И. Шильникова, А.Б. Рогозов // Анри. – 2019. – № 4(99). – С. 3–11. (объем 1,13 п.л./авторский вклад 0,9 п.л.);

Личный вклад автора: сбор литературных данных, проведение экспериментальных исследований, разработка процедуры передачи единицы активности радионуклидов, подготовка текста статьи.

В диссертации Жукова Г.В. отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных работах соискателя, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили **отзывы из 10 организаций (все отзывы положительные).**

В отзывах отмечена актуальность темы, степень проработки вопроса и профессиональный подход к решению поставленных задач, дана положительная оценка проведенных исследований.

1) ФГАНУ «Центральный научно-исследовательский и опытно-конструкторский институт робототехники и технической кибернетики» (подписали заместитель директора ЦНИИ РТК по научной работе, кандидат технических наук, Попов Александр Владимирович и ученый секретарь ЦНИИ РТК, кандидат технических наук, Спасский Борис Андреевич)

Замечания:

- не в полной мере раскрыт вопрос выбора радионуклидов в качестве вторичных эталонов, в частности выбор ^{88}Y , с учётом его малого времени полураспада;
- во второй главе предложена формула определения скорости счета импульсов, учитывающая исключительно «живое время», что может стать причиной значительной погрешности счета вследствие ложного подсчёта в случае низкой активности. Просим пояснить, чем вычисление с применением «живого времени» лучше введения уже устоявшегося метода поправки на мёртвое время ($1/(1-p \cdot \tau_{\text{мёртвое}})$);
- следует обратить внимание на применяемую терминологию, в частности термин «живое время» не является устоявшимся.

Общая оценка положительная.

2) ООО «НТЦ Амплитуда» (подписал главный метролог, кандидат физико-математических наук, Коростин Сергей Владимирович).

Замечание:

- применение автором термина «внесение в реестр средств измерений», который является некорректным с точки зрения действующего законодательства в области обеспечения единства измерений.

Общая оценка положительная.

3) РУП «Белорусский государственный институт метрологии» (подписал ведущий инженер по метрологии научно-исследовательского отдела законодательной и теоретической метрологии, научно-технических программ БелГИМ, кандидат технических наук, Булатов О.В.).

Замечание:

- малое число публикаций результатов диссертационной работы Жукова Г.В. в неперiodических изданиях (например, в сборниках всероссийских или международных научно-технических конференций).

Общая оценка положительная.

4) ООО «НПП «Доза» (подписал научный руководитель, кандидат физико-математических наук Мартынюк Юрий Николаевич).

Замечание:

- относительно небольшое число публикаций автора по теме диссертации.

Общая оценка положительная.

5) ФГБУН «Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова» Уральского отделения Российской академии наук (подписали заведующий лабораторией экологической радиологии, кандидат геолого-минералогических наук, Яковлев Евгений Юрьевич; старший научный сотрудник лаборатории экологической радиологии, кандидат геолого-минералогических наук, Пучков Андрей Викторович).

Замечания отсутствуют.

Общая оценка положительная.

6) ФБУ «Тест-С.-Петербург» (подписал инженер 1 категории сектора измерений ионизирующих излучений метрологического отдела оптико-физических, физико-химических и ионизирующих измерений № 436, Медведев Александр Юрьевич; подписал заместитель генерального директора Павлов Руслан Викторович).

Замечания отсутствуют.

Общая оценка положительная.

7) АО «СНИИП» (подписал начальник лаборатории радиометрии и спектрометрии Солодских Петр Игоревич).

Замечания отсутствуют.

Общая оценка положительная.

8) ФБУ «Приокский ЦСМ» (подписал ведущий инженер сектора поверки теплотехнических и физико-химических СИ Баулин Александр Николаевич).

Замечания отсутствуют.

Общая оценка положительная.

9) ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» (подписала профессор кафедры технологии строительных материалов и метрологии, доктор технических наук, Матвеева Лариса Юрьевна).

Замечания отсутствуют.

Общая оценка положительная.

10) ФГБУ «Главный научный метрологический центр» Минобороны России (подписали заместитель начальника, кандидат технических наук, Бачурин Дмитрий Петрович; начальник отдела Успенский Александр Павлович, младший научный сотрудник Волков Александр Александрович).

Замечания отсутствуют.

Общая оценка положительная.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой компетентностью в вопросах по теме диссертационной работы и достижениями в соответствующей отрасли науки, наличием публикаций в соответствующей сфере исследования и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана научная концепция воспроизведения и передачи единицы активности гамма-излучающих радионуклидов в точечных радионуклидных источниках фотонного излучения путём применения метода $4\pi\gamma$ -счёта в сочетании с методом численного моделирования Монте-Карло и разработанного алгоритма определения скорости счёта импульсов, учитывающего мёртвое время, обеспечивающих использование этих радионуклидных источников в качестве вторичных эталонов фотонного излучения на Государственном первичном эталоне единиц активности радионуклидов, удельной активности радионуклидов, потока и плотности потока альфа-, бета-частиц и фотонов радионуклидных источников ГЭТ 6-2016;

предложен оригинальный алгоритм обработки сигналов с детекторов фотонного излучения, основанный на определении скорости счёта импульсов с учётом мёртвого времени отдельного импульса, позволяющий уменьшить неопределённость измерений активности радионуклидов и увеличить верхний диапазон измерений;

доказана адекватность и перспективность использования разработанной модели воспроизведения и передачи единицы активности

гамма-излучающих радионуклидов для точечных радионуклидных источников фотонного излучения, позволяющая определить метрологические характеристики с расширенной неопределённостью не более 5 % в диапазоне значений от $1 \cdot 10^1$ до $5 \cdot 10^5$ Бк при разработке и испытаниях эталонов активности гамма-излучающих радионуклидов;

введены в практику применения ГЭТ 6-2016 воспроизведение единицы активности радионуклидов с использованием точечных радионуклидных источников фотонного излучения и разработанные принципы измерений активности радионуклидов методом $4\pi\gamma$ -счёта.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что

доказана возможность исключения влияния мёртвого времени при определении скорости счёта импульсов, позволяющая уменьшить неопределённость измерений активности радионуклидов и увеличить верхний диапазон измерений активности гамма-излучающих радионуклидов;

применительно к проблематике диссертации эффективно использован комплекс методов радионуклидной метрологии и математический аппарат на базе численного метода моделирования Монте-Карло, позволившие построить модель процессов при измерении активности гамма-излучающих радионуклидов и определить радионуклидный состав эталонов, перекрывающий энергетический диапазон типовых гамма-спектрометров;

изложены доказательства эквивалентности воспроизведения единицы активности гамма-излучающих радионуклидов различными методами, реализуемыми в ГЭТ 6-2016, посредством сличения установок с подтверждёнными в международных ключевых сличениях измерительными возможностями;

раскрыты несоответствия в схеме передачи единицы активности гамма-излучающих радионуклидов от ГЭТ 6-2016 перспективным требованиям повышения точности гамма-спектрометров, которые обусловили необходимость их устранения для уменьшения неопределённости измерений в практике;

изучены вклады источников неопределённости измерений активности гамма-излучающих радионуклидов в точечных радионуклидных источниках фотонного излучения методом $4\pi\gamma$ -счёта на ГЭТ 6-2016;

проведена модернизация алгоритма применения метода численного моделирования Монте-Карло для определения метрологических характеристик точечных радионуклидных источников фотонного излучения, позволяющая использовать метод $4\pi\gamma$ -счёта.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены в деятельность ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» центров стандартизации и метрологии, предприятий промышленности научные, технические (вторичные эталоны) и методические составляющие системы обеспечения единства измерений активности гамма-излучающих радионуклидов, позволившие уменьшить неопределённость и повысить достоверность измерений активности радионуклидов;

определены границы применения методики измерений активности гамма-излучающих радионуклидов методом $4\pi\gamma$ -счёта на установке УЭА-7 из состава ГЭТ 6-2016, внедрённой в отделе измерений ионизирующих излучений ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» в виде методики калибровки под шифром СК 03-210-МК/39-22-С;

создана система практических рекомендаций по применению вторичных эталонов в системе обеспечения единства измерений активности гамма-излучающих радионуклидов, обеспечивающая прослеживаемость результатов измерений к ГЭТ 6-2016;

представлены методические рекомендации по дальнейшему совершенствованию системы метрологического обеспечения измерений активности радионуклидов на гамма-спектрометрах, в том числе расширения номенклатуры радионуклидов во вторичных эталонах.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ применялись поверенные и калиброванные средства измерений, входящие в состав ГЭТ 6-2016, утвержденные Правилами содержания и применения ГЭТ 6-2016 и Руководством по эксплуатации ГЭТ 6-2016, и экспериментально доказано, что правильность и повторяемость результатов исследования находится в заданных пределах;

теория построена на основе известных и достоверных данных, которые согласуются с рекомендациями международных метрологических организаций и современными тенденциями научных исследований;

идея базируется на обеспечении метрологической прослеживаемости измерений к единицам СИ посредством применения абсолютного метода воспроизведения единицы активности радионуклида, обеспечивающего метрологическую прослеживаемость к основным единицам СИ – кг, секунда – посредством процедуры воспроизведения единицы активности гамма-излучающих радионуклидов методом $4\pi\gamma$ -счёта на государственном

первичном эталоне ГЭТ 6-2016, что открывает возможность для исключения ряда промежуточных этапов передачи единиц от ГЭТ 6-2016 средствам измерений, применяемым в лабораторной практике;

использованы данные, опубликованные ранее по рассматриваемой тематике, в том числе результаты исследований зарубежных метрологических институтов, для сравнения с данными, полученными в диссертационной работе;

установлена корректность интерпретации результатов исследований и адекватность метрологических характеристик, разработанных методики и вторичных эталонов и сопоставимость с результатами работ ведущих национальных метрологических институтов, посредством успешного участия в международных ключевых сличениях и экспертизы материалов испытаний вторичных эталонов соответственно;

использованы современные подходы к разработке методик и методы обработки результатов измерений и расчёта опорных значений результатов международных сличений с установлением степени эквивалентности ГЭТ 6-2016 и национальных эталонов других государств.

Личный вклад соискателя состоит в анализе состояния метрологического обеспечения средств измерений и нормативной документации в области исследования, в формулировании цели и задач исследования; определении способов решения поставленных научных задач; научном обосновании применимости метода 4 π у-счёта, реализованного на установке с двумя сцинтилляционными детекторами УЭА-7 в составе ГЭТ 6-2016, для воспроизведения единицы активности гамма-излучающих радионуклидов в точечных радионуклидных источниках фотонного излучения; разработке методики измерений активности гамма-излучающих радионуклидов методом 4 π у-счёта на установке УЭА-7 из состава ГЭТ 6-2016 и её валидации посредством сличения установок из состава ГЭТ 6-2016 с подтверждёнными в международных ключевых сличениях измерительными возможностями; разработке, исследовании и испытании вторичных эталонов в целях утверждения типа средств измерений, а также их внедрение в метрологическую практику.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

- 1) Не приведены критерии принадлежности сцинтилляционных детекторов установки, реализующей метод 4π -счёта, к «большим детекторам»;
- 2) Не в полной мере раскрыто понятие точечной геометрии измерений применительно к рассматриваемой задаче и, соответственно, использование понятия «точка» для источника в контексте изложения материала;
- 3) Не в полной мере изложена процедура передачи единицы активности гамма-излучающих радионуклидов от вторичных эталонов рабочим средствам измерений;
- 4) Имеют место незначительные терминологические и стилистические ошибки.

Соискатель Жуков Г.В. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привёл собственную аргументацию.

Диссертационный совет отмечает, что результаты исследования могут быть **использованы** в деятельности по обеспечению единства измерений в Российской Федерации при передаче единицы активности гамма-излучающих радионуклидов от государственного первичного эталона ГЭТ 6-2016 рабочим эталонам и средствам измерений в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений активности радионуклидов, удельной активности радионуклидов, потока и плотности потока альфа-, бета-частиц и фотонов радионуклидных источников.

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация Жукова Григория Васильевича является законченной научно-квалификационной работой, соответствующей требованиям п. 9 документа «Положение о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 «О порядке присуждения ученых степеней» с изменениями на 25 января 2024 года), предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата наук, в которой решена актуальная научно-техническая задача по обеспечению единства измерений и требуемой точности при определении активности гамма-излучающих радионуклидов, соответствующей современным и перспективным требованиям науки и промышленности.

На заседании 09 сентября 2025 г. диссертационный совет принял решение присудить Жукову Г.В. учёную степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 8 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации (2.2.10), участвовавших в заседании, из 16 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 13, против - 0, недействительных бюллетеней - 0.

Председатель

диссертационного совета



Конопелько Леонид Алексеевич

Ученый секретарь

диссертационного совета

10.09.2025



Чекирда Константин Владимирович