

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.119.01
НА БАЗЕ Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института ядерных исследований Российской академии наук (ИЯИ РАН)
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА
НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от **30.06.2022 № 7/80**

О присуждении Самойловой Марии Андреевны, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Формирование гамма-изображений радиоактивных объектов с помощью сканера с антиколлиматором» по специальности 01.04.01 - Приборы и методы экспериментальной физики принята к защите 21 апреля 2022 года протокол № 4/77 диссертационным советом Д 002.119.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института ядерных исследований Российской академии наук (ИЯИ РАН), 117312, г. Москва, пр-т 60-летия Октября, 7а., приказ Министерства образования и науки РФ № 75/нк от 15 февраля 2013 года.

Соискатель – Самойлова Мария Андреевна, 1993 года рождения. В 2016 году соискатель окончила Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ». С 2016 по 2020 год соискатель обучалась в аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт». В настоящее время работает в должности ведущего инженера-метролога в службе метрологии и инженерной поддержки коммерческой деятельности Общества с ограниченной ответственностью Научно-производственное предприятие «Радиационный контроль. Приборы и методы».

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении «Национальный исследовательский центр «Курчатовский

институт», в подразделении Курчатовский комплекс реабилитации и нераспространения Управление «Реабилитация».

Научный руководитель – Потапов Виктор Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», подразделение Курчатовский комплекс реабилитации и нераспространения Управление «Реабилитация», ведущий научный сотрудник.

Официальные оппоненты:

Артемьев Борис Викторович, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», кафедра ИУ-4 «Проектирование и технология производства электронной аппаратуры», профессор.

Рябева Елена Васильевна, кандидат физико-математических наук, доцент, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», кафедра прикладной ядерной физики, заместитель директора института физико-технических интеллектуальных систем

- дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Акционерное общество «Государственный научный центр Российской Федерации Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований» (г. Москва, г. Троицк), в своем положительном заключении, подписанном Родионовым Николаем Борисовичем, доктором физико-математических наук, начальником лаборатории отделения физики токамаков-реакторов АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ», и утвержденном генеральным директором АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ» Марковым Дмитрием Владимировичем, доктором технических наук, указала, что работа соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук, а её автор Самойлова Мария Андреевна заслуживает присуждения ей учёной степени кандидата физико-математических

наук по специальности 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики.

Соискатель имеет 21 опубликованную работу, в том числе по теме диссертации 9 работ, из которых 3 опубликованы в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК [1-3]. Представленные соискателем сведения об опубликованных им работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации, достоверны. Текст опубликованных работ полностью соответствует тематике диссертации, они написаны либо при решающем участии соискателя, либо ею самостоятельно. Список работ, по результатам диссертационного исследования:

1. О. П. Иванов, В. Н. Потапов, **М. А. Самойлова**, С. М. Игнатов. Метод получения гамма-изображения для дистанционной дозиметрии в атомной промышленности // Атомная энергия, 2021, том 130, № 4, сс. 228-232

O. P. Ivanov, V. N. Potapov, **M. A. Samoilo**va et al. Gamma-Imaging for Remote Dosimetry in the Nuclear Industry // Atomic Energy, 2022

2. О. П. Иванов, С. М. Игнатов, В. Н. Потапов, **М. А. Самойлова**, И. А. Семин. Гамма-сканер с антиколлиматором для визуализации источников гамма-излучения // Приборы и техника эксперимента, 2021, № 2, сс. 115-120

O. P. Ivanov, S. M. Ignatov, V. N. Potapov, **M. A. Samoilo**va, I. A. Semin. A Gamma Scanner with an Anticollimator for Visualization of γ -Radiation Sources // Instruments and Experimental Techniques, 2021, Vol. 64, No. 2, pp. 285–290

3. О. П. Иванов, В. Н. Потапов, **М. А. Самойлова**. Визуализация источников гамма-излучения с помощью сканера с антиколлиматором // Известия высших учебных заведений. Физика, 2021, №2-2, сс. 27-33

4. Иванов О.П., Потапов В.Н., **Самойлова М.А.** Визуализация источников гамма-излучения с помощью сканера с антиколлиматором // X Школа-конференция молодых атомщиков Сибири: сборник тезисов докладов 9-13 ноября 2020 года, г. Томск. г. Кемерово: изд-во «Практика», 2020. – 242 с. (с. 32)

5. **М.А. Самойлова**, В.Н. Потапов. Применение антиколлиматора для построения изображений распределения источников ионизирующего излучения

в помещении // Труды 62-й Всероссийской научной конференции МФТИ. 18-24 ноября 2019 года. М.: МФТИ, 2019. – 402 с. (с. 320-321)

6. С. М. Игнатов, В. Н. Потапов, **М. А. Самойлова**. Применение антиколлиматора в разработке гамма-сканера для обследования радиационно-загрязненных помещений // Сборник тезисов V Всероссийского молодежного научного форума «Open Science 2018», НИЦ «Курчатовский институт» – ПИЯФ, 2018.— 189 с. (с. 150)

7. Игнатов С. М., Потапов В. Н., **Самойлова М. А.** Разработка устройства для визуализации распределения гамма-излучающих радионуклидов // Инновационные проекты и технологии ядерной энергетики: сб. тезисов докладов V Международной научно-технической конференции (2–5 октября 2018 г., Москва). – М.: Изд-во АО «НИКИЭТ», 2018. – 306 с. (сс. 279-280)

Игнатов С. М., Потапов В. Н., **Самойлова М. А.** Разработка устройства для визуализации распределения гамма-излучающих радионуклидов // Инновационные проекты и технологии ядерной энергетики [Электронный ресурс]: сб. докладов V Международной научно-технической конференции (2–5 октября 2018 г., Москва) – М.: Изд-во АО «НИКИЭТ», 2018. – 1 CD-R

8. **Самойлова М. А.**, Игнатов С. М., Потапов В. Н. Разработка блока детектирования для гамма-сканера с антиколлиматором // Современные проблемы физики и технологий. VII-я Международная молодежная научная школа-конференция, 16-21 апреля 2018 г.: Тезисы докладов. Часть 2. М.: НИЯУ МИФИ, 2018.— 376 с. (сс. 281-282)

9. **М. А. Баранова**, С. М. Игнатов, В. Н. Потапов. Оптимизация геометрических параметров системы гамма-сканера с антиколлиматором // XV-я Курчатовская междисциплинарная молодежная научная школа, 14-17 ноября 2017 г., Москва [Текст]: сборник аннотаций / Национальный исследовательский центр "Курчатовский институт". - Москва: Курчатовский институт, 2017. - 345 с. (с. 11)

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы оппонентов и ведущей организации, в которых отмечено, что работа представляет собой законченное исследование, выполненное на высоком научном уровне, и полностью отвечает

всем требованиям к кандидатским диссертациям, предъявляемым Положением о порядке присуждения ученых степеней, утверждённым Постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г.

Отмечены следующие критические замечания:

- В тексте диссертации присутствуют опечатки и неудачные формулировки. Например:

Стр. 49 - ...таллием NaI(Tl), продемонстрировал возможность применения в комбинации с **фотоумножителем** ...

Стр. 82 - Дескрипторы особых точек – это **алгоритмы**, описывающие каждую особую точку и её окрестность в виде числового набора признаков.

Рисунок 64 – Сопоставление данных МЭД, полученных измерением дозиметром ДРГ-01Т1 и методом весовой **функцией** с использованием аппаратных спектров излучения 4-х источников в различных комбинациях

- В таблице 5 приведены устаревшие данные по шаговым двигателям, вследствие чего корректность их сравнительного анализ с сервоприводами вызывает сомнения.

- Нет данных по потребляемой мощности сканера – параметра важного для работы в полевых условиях.

- Почему-то не рассматривался вариант антиколлиматора в виде усеченного конуса, заполняющего телесный угол детектора? Аппаратная функция (фронт) могла быть круче. Процесс его изготовления не требует высоких технологий.

- Нет обоснования выбора формы поверхности для проецирования визуального и гамма изображений при их совмещении.

- Примененная для сшивки изображений программа AutoStitch уступает по своим параметрам пакету Autoranno Giga.

- Одним из важных понятий для восстановления информации по результатам измерения является аппаратная функция прибора. К сожалению, в

работе не дано четкое определение аппаратной функции и на разных рисунках в диссертации используются разные обозначения для аппаратной функции (рис. 45- обозначение F, рисунок 46- нет обозначений, рисунок 48- скорость счета, рисунок 49 : 1-F). Для хорошего понимания текста диссертации и понимания методов восстановления, а также понимания критериев выбора технических решений по аппаратной функции необходимо унифицировать подход к описанию её.

- При сравнении аппаратных и модельных функций на странице 69 более эффективно привести обе функции на одном рисунке.

- При выборе технического решения по применению SiPM было бы полезно привести анализ зависимости энергетического разрешения и светосбора от количества SiPM и геометрии их размещения.

- При описании результатов измерений (например, на стр. 93- измерения МАЭД) не всегда приводятся погрешности измерений.

- При оценке углового разрешения 5° необходимо детально определить условия измерения, в которых это угловое разрешение достигается.

- Неоднократно в тексте диссертации встречаются физические величины без указания единиц измерения (например, рис.9, 12, 13, 14 и т.д. автореферата, рис. 28, 67, 69 и т.д. в диссертации).

- В диссертации подробно описан пользовательский интерфейс программы управления, приводится координатная сетка сканирования и рассмотрены параметры сканирования, однако непонятно по какой траектории движется сканирующая головка.

- При описании испытаний прибора не всегда достигнута полнота изложения. Так, например, не всегда указаны параметры измерения – время экспозиции, количество точек и шаг сканирования, активность источника и пр.

- На страницах диссертации 60-66 обсуждается радиус антиколлиматора. «Для оптимизации было многократно выполнено моделирование сканирующей системы со свинцовым антиколлиматором в форме цилиндра или шара, с различными радиусами (от 1 до 3 см)». А на странице 67 вместо радиуса антиколлиматора указан диаметр 1,6 см. Очевидно, в этом случае, должен быть радиус 1,6 см.

Данные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертации.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается высокой квалификацией ученых и многолетним опытом исследований по сходной тематике.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- Разработан новый метод формирования гамма-изображений на основе техники сканирования с антиколлиматором.

- Разработана методика обработки результатов измерений гамма-сканера с антиколлиматором, позволяющая значительно повысить угловое разрешение.

- Выполнено моделирование сканирующей системы с антиколлиматором. На основе анализа результатов моделирования различных конфигураций сканера сделаны выводы об оптимальных геометрических параметрах сканирующей системы.

- Осуществлена экспериментальная проверка возможности применения метода сканирования с антиколлиматором для построения гамма-изображений. Для этого был разработан и реализован прототип устройства «гамма-сканер с антиколлиматором». Показана возможность локализации загрязнений с угловым разрешением на уровне 5° при шаге сканирования 5° и применении процедуры восстановления. Экспериментально продемонстрирована визуализация источников различного нуклидного состава, а также возможность построения дозовой карты. Определены основные характеристики прототипа: энергетическое разрешение 12,1 % по линии 662 кэВ, предел загрузки по МЭД – 0,1 мЗв/ч, точность позиционирования – $1,5^\circ$.

- Созданный прибор применялся для обследования радиационно-загрязненного помещения в условиях реальной эксплуатации и позволил оптимизировать демонтажные работы.

Оценка достоверности результатов выявила:

- Обоснованность методики обработки результатов измерений гамма-сканера с антиколлиматором подтверждается представительным объемом

практических результатов, согласием экспериментальных результатов с расчетными данными и отсутствием противоречий в интерпретации результатов.

- Соответствие результатов, получаемых способом оценки мощности дозы по аппаратурному спектру, с фактическими данными подтверждается экспериментально.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что разработан и реализован метод сканирования с антиколлиматором, позволяющий получать картину распределения гамма-источников в некоторой области сканирования; эксплуатационные характеристики прибора значительно превосходят характеристики гамма-сканеров, применяющих коллиматор – предложенный метод позволяет сократить массу прибора и время измерения, при этом угловое разрешение остается не хуже таких приборов. Важным аспектом является возможность определения радионуклидного состава загрязнения, а также возможность оценки вклада в дозу от каждого источника. Измерения, выполненные на реальном объекте в помещении для очистки воды первого контура исследовательского ядерного реактора, качественно продемонстрировали работоспособность устройства визуализации. Результаты диссертации могут быть использованы в организациях, входящих в группу предприятий Росатом (ВНИИНМ им. А.А. Бочвара, ФГУП «РАДОН», производственное объединение «Маяк» и др.), Национальном исследовательском центре «Курчатовский институт» и других научных и производственных предприятиях.

Личный вклад соискателя состоит в создании программного обеспечения для управления измерениями и позиционирования сканирующей головки гамма-сканера с антиколлиматором. Автор разработала узел видеокамеры и поворотный механизм, оптимизировала алгоритм сканирования и реализовала поворотно-наклонное устройство, выполнила поиск и выбор программы для сшивки массива фотографий в панораму. Значительный объем был проделан при оптимизации геометрических параметров сканирующей системы, – автором выполнено моделирование для множества конфигураций системы, проанализированы полученные результаты, сделаны выводы об оптимальных параметрах. Автором выполнены испытания прототипа гамма-сканера с

антиколлиматором и определены его основные характеристики: получена аппаратная функция, определены чувствительность детектора и верхний предел загрузки по МЭД, выполнена оценка влияния фоновой боковой подсветки на возможность локализации источников, а также углового разрешения прибора и др. Обработка и анализ экспериментальных данных выполнялись лично автором, либо при её непосредственном участии. В результате, реализованный гамма-сканер с антиколлиматором позволил выполнить обследование загрязненного помещения и оптимизировать демонтажные работы.

На заседании 30 июня 2022 года диссертационный совет принял решение присудить Самойловой Марии Андреевне ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве **19** человек из них **6** докторов наук по специальности 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики, участвовавших в заседании, из **27** человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту – **0** человек, проголосовали: за – **19**, против – **0**.

Председатель

диссертационного совета Д 002.119.01

академик РАН

_____ Рубаков В.А.

Ученый секретарь

диссертационного совета Д 002.119.01

кандидат физ.-мат. наук

_____ Демидов С.В.

30.06.2022 г.

м.п.