

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук Артемьева Бориса Викторовича на диссертацию Самойловой Марии Андреевны на тему «Формирование гамма-изображений радиоактивных объектов с помощью сканера с антиколлиматором», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 – приборы и методы экспериментальной физики

Диссертация **Самойловой Марии Андреевны** на тему **«Формирование гамма-изображений радиоактивных объектов с помощью сканера с антиколлиматором»** посвящена созданию устройств для поиска радиоактивных загрязнений, использующих новый метод получения гамма-изображений, основанный на технике сканирования с применением антиколлиматора. Диссертационная работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении «Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт».

Актуальность избранной темы

Визуализация гамма-излучения – активно развивающееся направление в области приборостроения. Использование приборов дистанционной диагностики позволяет в значительной степени сокращать дозовые нагрузки на персонал. В связи с этим задачу разработки устройства, позволяющего получать картину распределения источников гамма-излучения в пространстве, считаю актуальной.

Массовое применения источников ионизирующих излучений и ядерных энергетических установок требует повышения мобильности, точности и практичности разрабатываемых устройств для локализации. Метод визуализации гамма-излучения, предложенный в диссертационной работе, позволяет оптимизировать массогабаритные параметры поискового устройства, при этом сохраняя точность локализации и возможность определения радионуклидного состава обнаруженного загрязнения. Актуальность исследования также подтверждается ростом числа отечественных и зарубежных публикаций по данной и смежным темам.

Результатом данной работы является создание прибора для локализации источников гамма-излучения, применяющего технику сканирования с использованием антиколлиматора. Задача разработки включала в себя создание и тестирование модулей устройства, разработку программного обеспечения, отладку и конечное тестирование сканера. Разработанный детектор, используемый в сканере, позволяет регистрировать гамма-излучение в широком диапазоне энергий – от 50 кэВ до 1,5 МэВ в спектрометрическом режиме (с энергетическим разрешением 12,1% для 662 кэВ), что позволяет определять радионуклидный состав загрязнения. Поворотное устройство позволяет позиционировать сканирующую головку с точностью не хуже 1,5°. Разработанная методика обработки результатов сканирования позволяет повысить угловое разрешение до 5°. Программное обеспечение, созданное в ходе разработки и тестирования гамма-сканера с антиколлиматором имеет интуитивно понятный интерфейс и может быть использовано в других проектах. Разработанное устройство нашло применение при обследовании помещений здания для очистки воды первого контура исследовательского реактора.

Структура и основное содержание диссертационной работы

Диссертация состоит из введения, трёх глав, заключения, списка сокращений и списка литературы.

Во введении обосновывается актуальность темы исследования и приводится общая характеристика работы.

В первой главе представлен аналитический обзор методов формирования гамма-изображений, а также рассмотрен ряд приборов, предназначенных для картирования радиационной обстановки на объектах использования атомной энергии. Изложенная в главе 1 информация полезна для понимания ограничений применяемых методов гамма-визуализации, а также о возможностях предлагаемого в диссертационной работе метода.

Во второй главе изложены основные этапы создания устройства, связанные с конструированием лабораторного образца и тестированием основных узлов системы. На основе аналитической оценки результатов моделирования отклика системы методом Монте-Карло произведен выбор оптимальных геометрических параметров сканирующей системы.

Достаточно подробно описан процесс проектирования и конструирования блока детектирования, предназначенного для применения в составе устройства, а также приведены ключевые результаты промежуточных экспериментов. В главе дается развернутое описание процесса моделирования, выполненного для оптимизации установки. Приводится описание конструкции поворотного механизма и комплекса программного обеспечения, применяемого для взаимодействия пользователя с установкой. Изложены теоретические выкладки, касающиеся процедуры повышения углового разрешения итерационным методом, а также оценки мощности дозы по аппаратурному спектру.

Третья глава посвящена обзору результатов, полученных с использованием гамма-сканера с антиколлиматором. Приводятся результаты визуализации точечного источника и показана возможность идентификации различных нуклидов при одном измерении. Оценены допустимые уровни боковой подсветки. Представлены экспериментальные данные по определению углового разрешения прибора, дана теоретическая оценка предела разрешения, продемонстрирована зависимость качества реконструкции от количества применяемых в процессе обработки итераций. Важно, что данные, получены на реальном объекте.

В заключении представлены результаты и выводы.

Диссертация является завершенной научной работой. Ее содержание и структура соответствуют заявленной специальности и цели исследования.

Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертации. В автореферате обоснована актуальность темы, приведены цель и задачи работы, научная новизна и практическая значимость, основные положения, выносимые на защиту, личный вклад автора и список публикаций по теме диссертации, кратко изложено основное содержание работы, представлены результаты работы.

Замечания к тексту диссертации:

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.

Несмотря на замечания, диссертация производит хорошее впечатление. Указанные выше недостатки не снижают научной ценности работы в целом.

Новизна работы заключается в разработке метода получения гамма-изображений с применением антиколлиматора для ослабления потока гамма-квантов, который ранее не применялся. Предложенный метод получения гамма-изображений, основанный на применении антиколлиматора при сканировании заданной области, реализован и апробирован, что подтверждает его работоспособность.

Разработана и апробирована методика обработки результатов сканирования с применением итерационного метода, что позволяет значительно повысить угловое разрешение.

Полученные в работе результаты, несомненно, имеют большую **практическую ценность**, поскольку могут быть использованы при разработке новых современных приборов и установок, предназначенных для поиска радиоактивных загрязнений.

В диссертационной работе показано, что разработанный метод дает возможность разрешения двух точечных источников, расположенных на угловом расстоянии 5° . При этом масса сканирующей головки устройства составила всего 4 кг, что на порядок меньше аналогичных устройств, применяющих коллимационную технику. В работе представлены результаты применения устройства на реальном объекте, что позволило оптимизировать демонтаж оборудования и обеспечить безопасные условия для сотрудников.

Достоверность и обоснованность основных результатов и выводов работы обеспечиваются надежностью экспериментальных методов исследования, комплексностью подхода, и отсутствием противоречий в интерпретации результатов. На каждом этапе разработки проводились оценка и контроль технических и метрологических параметров системы визуализации. Достоверность результатов хорошо иллюстрирует рисунок 64, на котором приведено сопоставление экспериментальных данных с образцовым средством измерения.

Основные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых научных изданиях и докладывались автором на российских и международных конференциях.

Заключение о соответствии диссертации установленным критериям

В диссертации представлено исследование, включающее в себя весь цикл работ по созданию визуализирующего устройства, предназначенного для поиска радиоактивных загрязнений, – от разработки метода и сборки прототипа прибора до получения первых физических результатов. Среди конструкторских решений следует отметить модульность разработанной системы, которая обеспечивает ее унификацию и возможность расширения области применения при внесении соответствующих доработок. Полученные в диссертации результаты могут быть применены при разработке новых систем визуализации.

Артемьев Борис Викторович

Доктор технических наук по специальности 05.11.10 – Приборы и методы для измерения ионизирующих излучений и рентгеновские приборы

Список основных публикаций по теме рецензируемой диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет (не более 15):

1. Артемьев Б. В., Контрольно-измерительные приборы на выставках "Testing & Control" и "NDT Russia 2018" // Приборы, 2019 № 1 (223) с. 47-55
2. Artemiev B. V., Challenges in X-ray medical diagnosis // Biomedical Engineering. 2017 т. 50 № 6 с. 410-415
3. Артемьев Б. В., Точные измерения – основа качества и безопасности // Приборы, 2018 № 7 (217) с. 45-52
4. Artemiev B. V., Modernization of radiation detectors thickness gauge // Journal of Physics: Conference Series. 2017 т. 808 № 1 с. 012012
5. Артемьев Б. В., Контрольно-диагностическое оборудование на выставках Weldex-2016 и InterPoliteх-2016 // Контроль. Диагностика. 2017 № 2 с. 4-17
6. Артемьев Б. В., Мониторинг систем неразрушающего контроля на производстве // Контроль. Диагностика, 2019 № 2 с. 44-50
7. Artemiev B. V., On the question of use of dosimetric devices in the registration of pulsed X-ray radiation // Journal of Physics: Conference Series, 2018 с. 012019
8. Artemiev B. V., Optimization of the design of scattered radiation detectors // Journal of Physics: Conference Series, 2018 с. 012020
9. Artemiev B. V., Use of x-ray for preserving the cultural heritage // AIP Conference Proceedings, 5. сер. «5th International Conference on X-ray, Electrovacuum and Biomedical Tecnique» 2019 с. 020004
10. Artemiev B. V., Backscattered radiation in a thickness measurement proble // AIP Conference Proceedings 6. сер. «5th International Conference on X-ray, Electrovacuum and Biomedical Tecnique» 2020. с. 020003
11. Артемьев Б. В. Использование электрических потенциальных барьеров AL+C для создания квазिवоздухоэквивалентной ионизационной камеры без внешнего источника питания // Контроль. Диагностика 2017 № 4 с. 40-43
12. Артемьев Б. В. Оптимизация детектора рентгеновского излучения, рассеянного от объекта контроля // Контроль. Диагностика 2018 № 2 с. 32-41