

ОТЗЫВ

официального оппонента Огородникова Сергея Анатольевича
на диссертацию Курилика Александра Сергеевича
«Определение атомного номера вещества объектов
по ослаблению пучков фотонов с энергиями до 10 МэВ»
представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц

Диссертация посвящена повышению точности распознавания веществ объектов по зарядовому числу, определяемому сравнением ослабления пучков фотонов с энергиями до 10 МэВ. Определение оптимального числа и величин энергий монохроматических фотонов и тормозного излучения является актуальной задачей, решение которой позволяет улучшить эффективность идентификации зарядового числа.

Разработка интроскопических систем на базе линейных ускорителей электронов с поимпульсной модуляцией энергии на сегодняшний день является важным направлением, и подобными системами активно оснащаются критическая инфраструктура в ряде стран мира. В интроскопических системах практически всех ведущих мировых производителей в настоящее время реализована функция разделения веществ по критерию «органика-неорганика», и ведется активный научный поиск по усовершенствованию имеющихся решений. Поэтому дальнейшее развитие метода распознавания атомного номера веществ, повышение его точности и достоверности, и, соответственно, эффективности обнаружения опасных веществ, например, таких, как взрывчатые или делящиеся вещества, является актуальной задачей на ближайшую перспективу.

Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения. Во введении автор обосновывает актуальность работы, описывает цели, представляет основные результаты, обосновывает научную новизну, ценность и практическую значимость работы, перечисляет публикации по теме диссертации, описывает личный вклад, дает краткое описание содержания диссертации.

В первой главе диссертации дан обзор процессов взаимодействия фотонов с веществом, рассмотрены принципы измерения среднего атомного номера и массовой толщины для пучков монохроматического фотонного излучения и тормозного излучения, даны рекомендации по повышению точности и эффективности определения атомного номера, в частности по количеству и величинам энергий фотонных пучков.

Вторая глава посвящена экспериментальным измерениям атомного номера объектов с использованием радиоактивных источников Cs-137 и Co-60, а также с

использованием линейного ускорителя электронов, работающем в режиме импульсного переключения энергии пучка на тестовых образцах материалов, характеризующих группы материалов, распознавание которых представляет практический интерес.

Несомненный интерес вызывают результаты экспериментального измерения прозрачностей для ряда граничных энергий пучка тормозного излучения с энергиями до 10 МэВ с использованием «Блока детектирования БДКС-96» с детектирующим элементом – пластмассовым сцинтиллятором и оценка погрешностей измерения атомного номера.

В третьей главе описывается проведенное, с помощью программного обеспечения GEANT4, моделирование процессов генерации тормозного излучения с оптимизацией толщины тормозной мишени, а также детектирования фотонного излучения сцинтилляционными кристаллами разных типов. Автором был проведен скрупулёзный анализ основных радиационно-физических свойств ряда неорганических сцинтилляторов и проведен расчет и сравнительный анализ зависимостей энерговыделения ряда неорганических сцинтилляторов от радиуса и глубины детектирующего элемента.

В четвёртой главе диссертации приводится сравнение методов сканирования с двумя и тремя энергиями. Впервые проведено математическое моделирование и расчет семейства параметрических кривых зависимостей прозрачностей монохроматических фотонных пучков и пучков тормозного излучения с тремя энергиями от атомного номера. Показана возможность однозначного определения атомного номера для всех материалов таблицы Менделеева во практически используемом диапазоне массовых толщин. Дан анализ факторов, определяющих флуктуации измеряемых значений прозрачности и, соответственно, точность определения атомного номера исследуемого материала. Автором было разработано оригинальное программное обеспечение, позволяющее производить расчет значений энергий, выделяющихся в детекторе, для сокращения скорости расчета по сравнению с программным обеспечением GEANT4. Произведен расчет вероятности достоверного определения атомного номера в каждом отдельном пикселе для объектов из железа и урана для геометрии, близкой к реальной в инспекционно-досмотровом комплексе. Произведена численная оптимизация трех значений граничной энергии тормозного излучения по критерию минимизации ошибки определения атомного номера реперного барьера из урана.

В заключении сформулированы основные результаты работы.

Следует отметить, что автором был произведена большая многоплановая работа, включающая: детальный обзор научной и технической литературы, отражающий актуальное состояние дел в области распознавания веществ методом дуальной энергии; скрупулёзное математическое моделирование и разработку оригинального программного обеспечения для определения среднего атомного номера веществ объектов и существенного повышения точности его определения с помощью

оптимизации радиационно-физических параметров источника излучения и системы детектирования; оценку границ применимости метода дуальной энергии и обоснование необходимости его расширения до метода трехэнергетической радиоскопической абсорбции для перспективного практического применения.

В качестве замечаний по диссертации можно отметить следующее. В диссертации не рассмотрены вопросы использования мультиэнергетического сканирования для повышения точности и эффективности распознавания материалов, в том числе, двух перекрывающихся материалов с оценкой атомного номера для каждого из них в отдельности, что, безусловно, представляет повышенный практический интерес. Однако, к справедливости, следует отметить, что детальное рассмотрение данного вопроса заслуживает отдельного диссертационного исследования.

К замечанию также можно отнести, что автором не использовалась Байесовская теория численной оценки эффективности метода определения атомного номера для разных материалов, что, впрочем, не умаляет новых научных результатов, полученных автором и не влияет на высокую оценку выполненной автором работы.

Заключение

Диссертационная работа Курилика Александра Сергеевича «Определение атомного номера вещества объектов по ослаблению пучков фотонов с энергиями до 10 МэВ» выполнена на высоком научном уровне. Результатом работы является обоснование и решение важной задачи в области физики атомного ядра и элементарных частиц, а именно, развитие и совершенствование метода распознавания атомного номера веществ объектов с помощью двухэнергетической радиоскопической абсорбции до метода достоверного распознавания материалов с помощью трехэнергетической радиоскопической абсорбции с однозначным определением эффективного атомного номера.

Работа автора открывает перспективу для разработки и внедрения интроскопических систем с тремя и более энергиями, позволяющих с большей точностью идентифицировать атомный номер вещества объектов. В целом, полученные результаты являются существенным вкладом в развитие и совершенствование методов распознавания атомного номера веществ объектов и заслуживают высокой оценки.

Основные результаты опубликованы в рецензируемых научных журналах, неоднократно докладывались на конференциях, совещаниях и семинарах. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Диссертация представляет собой законченную работу и соответствует критериям Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор, Курилик Александр Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-

математических наук по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц.

Официальный оппонент,
кандидат технических наук,
директор по науке и технологиям
ООО «Скантроник Системс»



С.А. Огородников
26/VI-14

С.А. Огородников