

ОТЗЫВ

официального оппонента

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

Одним из определяющих принципов развития современной науки является тесное сочетание фундаментальных и прикладных исследований. В последние десятилетия параллельно с ускорителями на высокие и сверхвысокие энергии, предназначенными для фундаментальных научных исследований, разрабатывались разнообразные типы ускорителей на средние (~ ГэВ) и малые (~ МэВ) энергии для использования в промышленности, медицине, сельском хозяйстве, таможенном контроле, экологическом мониторинге и т.д. Так, например, в настоящее время источники тормозного излучения на основе компактных электронных ускорителей начинают широко использоваться таможенными службами для инспекции грузов с возможностью определения элементного состава объектов, находящихся в крупногабаритных контейнерах и транспортных средствах. Исключительно важным при разработке и использовании таких интроскопических систем является обеспечение количественной информации об исследуемом веществе. Это необходимо для достижения высокой чувствительности и избирательности при идентификации запрещенных объектов (наркотических и взрывчатых веществ, оружия, делящихся материалов). Также получение подобной информации необходимо при дефектоскопических исследованиях.

Таким образом, поставленная в диссертации Курилика А.С. задача по оптимизации параметров пучков фотонов с энергиями до 10 МэВ для достижения высокой точности в определении атомного номера вещества, является актуальной и имеет важное практическое значение для повышения

качества дефектоскопии и улучшения эффективности инспекции транспортных средств и крупногабаритных контейнеров без их вскрытия.

Основным достижением Курилика А.С. является разработка и оптимизация методики исследования объектов посредством просвечивания пучками монохроматических фотонов или тормозного излучения.

В разработанной методике можно выделить две части: первая часть относится к подробному численному моделированию факторов, влияющих на точность определения атомного номера вещества с помощью электронных ускорителей, вторая – к экспериментальному измерению Z с применением пучков тормозного излучения и радиоактивных источников γ -квантов. Результаты, полученные при выполнении этих исследований, естественно, взаимообусловлены и дополняют друг друга.

Для проведения численного анализа и сравнения возможностей различных вариантов интроскопических установок автором был создан комплекс программ, позволяющий моделировать, обрабатывать и анализировать процесс генерации, прохождения через объекты и регистрации монохроматических фотонов и тормозного излучения. Здесь, во-первых, следует подчеркнуть, что автор провел обстоятельный анализ теоретических аспектов проблемы. Это, несомненно, характеризует его как весьма квалифицированного специалиста, хорошо разбирающегося в деталях рассматриваемой экспериментальной задачи. Во-вторых, выполненные расчеты основываются на апробированных моделях и программных средствах. Все перечисленное свидетельствует об обоснованности полученных модельных результатов.

Курилик А.С. выполнил большой объем численного моделирования, результаты которого позволили ему провести сравнительный анализ влияния количества и значений реперных энергий, токов пучка ускорителя, а также характеристик детекторов, на точность измерения атомного номера Z материала с помощью пучков высокоэнергетических фотонов.

Наиболее важный результат этой части исследований – количественные оценки характеристик улучшения точности измерения Z при просвечивании тормозным излучением с тремя разными энергиями по сравнению с двумя. Так, например, автором убедительно показано, что при использовании такого подхода вероятность обнаружения объектов из урана возрастает более чем на порядок.

На основе этих данных автор впервые обосновал необходимость использования не менее трёх энергий высокоэнергетических фотонов для достижения высокой точности ($\Delta Z = \pm 5$) измерения атомного номера вещества объектов.

К результатам, имеющим признаки приоритетности, также можно отнести полученные оптимальные значения энергий как при использовании монохроматических фотонов (0.5, 1.5, 3.7 МэВ), так и пучков фотонов тормозного излучения (2, 5.5, 10 МэВ), генерируемого ускорителем электронов.

Среди экспериментальных достижений работы Курилика А.С. следует отметить простоту применяемых методик как при использовании пучков ускорителя, так и радиоактивных источников. В рамках этих исследований автором было получено качественное подтверждение необходимости использования трех энергий ускорителя электронов для решения поставленной задачи, что доказывает достоверность сделанных в работе заключений.

Отмечая достоинства диссертации А.С.Курилика, необходимо сделать ряд замечаний.

1. Следовало указать численную оценку часто встречающихся терминов «максимальная точность», «однозначно», «наибольшая точность» и т.д.

2. Не совсем ясны основания выбора в качестве реперной энергии монохроматических фотонов значения 3.7 МэВ. Кроме того, следовало

указать методы, позволяющие на практике получить высокоинтенсивные монохроматические пучки фотонов с энергиями 3.7 и 10 МэВ.

3. В работе не объяснена природа возникновения ошибок на рис. 31–33. Почему при облучении источниками γ -квантов образцов толщиной 0.5 мм ошибка больше, чем при облучении образцов толщиной 4 мм (рис. 32).

4. Из результатов эксперимента на ускорителе с перестраиваемой энергией видно, что для образцов с коэффициентом прозрачности > 0.6 не удается отличить дюраль и пластик от железа, а кадмий от свинца. Поэтому автору необходимо было привести более осторожную формулировку результата №4.

5. В формулировке результата № 5 (из работы следует, что этот результат получен расчетным путем), утверждение «атомный номер измеряется однозначно» следует заменить «может быть измерен с точностью...». В этом же пункте в выражении «Определены величины отличий между измеренными и истинными значениями Z » слово «измеренные» следует заменить на «расчетными».

6. Следовало бы более ясно объяснить, по каким причинам поперечный размер детектирующего элемента был выбран равным 5 мм (стр. 66).

7. Диссертация содержит ряд неудачных формулировок (например, «механические свойства изотопа», стр. 44), а также небольшое число опечаток (например, в названии подраздела 1.4.6, стр.42).

Указанные замечания не снижают научной и практической ценности диссертационной работы. Основные результаты диссертации доложены на конференциях и опубликованы в рецензируемых журналах, входящих в список ВАК и базы данных Web of Science и Scopus, автореферат правильно и полно отражает содержание диссертации.

В целом диссертация Курилика А.С. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой автором на основе выполненных исследований решена актуальная задача, имеющая

существенное значение для развития методов определения атомного номера вещества объектов по ослаблению пучков фотонов и создания интроскопических систем на основе ускорителей электронов и γ -источников.

Диссертация Курилика Александра Сергеевича полностью удовлетворяет требованиям положения ВАК о присуждении ученых степеней, а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц.

Доктор физико-математических наук,
главный научный сотрудник
Национального исследовательского
ядерного университета «МИФИ»


Ю.Б. Гуров

Подпись удостоверяю
Заместитель начальника отдела
документационного обеспечения
НИЯУ МИФИ

