

Отзыв официального оппонента на диссертацию

Лысенко Александра Юрьевича

«Реконструкция пространственных распределений источников излучения в однофотонной эмиссионной компьютерной томографии в рассеивающей среде», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.2 – «Приборы и методы экспериментальной физики»

Актуальность работы. Диссертация Лысенко Александра Юрьевича посвящена реконструкции пространственных распределений источников излучения в рассеивающих средах при проведении однофотонной эмиссионной компьютерной томографии (ОФЭКТ), которая является эффективным инструментом функциональной диагностики в ядерной физике и медицине. При этом на точность реконструкции влияет множество различных факторов, наиболее значимым из которых является рассеяние излучения. Регистрация рассеянных фотонов приводит к размытию проекционных данных, что, в свою очередь, ухудшает пространственное разрешение реконструированной томограммы и затрудняет диагностику.

До сих пор учёт рассеяния излучения в ОФЭКТ является важной нерешённой проблемой, что свидетельствует о несомненной актуальности диссертационной работы.

Структура и основное содержание работ.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, результатов и выводов по работе, заключения, списка литературы, включающего в себя 100 наименований. Работа изложена на 130 страницах, включая таблицы и рисунки. К каждой главе представлены промежуточные выводы. Текст диссертации логично структурирован и обладает единством изложения материала.

В первой главе приводятся физико-технические основы ОФЭКТ, необходимые для понимания содержания диссертационной работы.

Рассмотрены основные этапы получения эмиссионных томограмм. Описаны базовые алгебраические и итерационные алгоритмы реконструкции пространственных распределений источников излучения. Рассмотрены основные факторы, влияющие на точность реконструкции томограмм. Приведены существующие методы неполного учёта влияния рассеяния на точность реконструкции томограмм.

Вторая глава посвящена описанию ОФЭКТ в среде со свойством "рассеяние прямо назад". Рассмотрено односкоростное стационарное уравнение переноса излучения (УПИ). В это уравнение входят феноменологические характеристики рассеивающей среды. На основе решения УПИ, в свою очередь, осуществляется реконструкция томограмм. Поскольку односкоростное стационарное УПИ является интегро-дифференциальным и не имеет точного аналитического решения в общем случае, попытки учёта рассеяния излучения сводятся к тем или иным приближениям, упрощающим УПИ.

Предложено использовать новый метод реконструкции на основе предположения об индикатрисе особого вида для среды со свойством "рассеяние прямо назад". В такой среде любой фотон после акта рассеяния меняет направление своего движения на прямо противоположное. Это предположение позволяет перейти от интегро-дифференциального УПИ к дифференциальному уравнению в частных производных. Полученное уравнение имеет точное аналитическое решение в общем случае.

Третья глава диссертационной работы посвящена исследованию точности реконструкции в ОФЭКТ на основе аналитического моделирования проекций. Проводится сравнение точности реконструкции томограмм предлагаемым новым методом и традиционным методом реконструкции для проекционных данных, полученных в среде со свойством «рассеяние прямо назад». Исследовалась точность реконструкции в зависимости от геометрических параметров объекта и отношения коэффициента рассеяния к коэффициенту ослабления. В качестве исследуемых объектов были выбраны

простой объект "Диск" и сложный объект "Фантом Шеппа-Логана". Установлено, что новый метод превосходит традиционный метод реконструкции, используемым в современных серийных эмиссионных томографах, не только по среднеквадратичному критерию отклонения, но и по визуальной различимости деталей.

В четвёртой главе описано исследование точности реконструкции в ОФЭКТ на основе моделирования проекций методом Монте-Карло. Для получения проекционных данных, соответствующих натурному эксперименту, использовался разработанный в ЦЕРН ядерно-физический комплекс Geant 4. Исследование проводилось для простого объекта «Диск» с целью исследования зависимости точности реконструкции от коэффициента ослабления. Было проведено численное моделирование для тринадцати различных веществ среды: Li, Na, K, H₂O, Be, Mg, B, Ca, C, S, Si, Al, P. Установлено, что с ростом коэффициента ослабления влияние рассеяния на точность реконструкции томограмм увеличивается. При этом точность реконструкции новым методом существенно лучше, чем для традиционного метода реконструкции. Зависимость точности реконструкции от внутренней структуры объекта исследовалось на примере двух объектов: простого «Диск» и сложного «Фантом Шеппа-Логана». Численное моделирование было проведено для четырёх различных веществ рассеивающей среды: H₂O, Ca, C, Al. Установлено, что для сложного объекта влияние рассеяния слабее, чем для простого объекта. При этом новый метод позволяет получить меньшее значение критерия среднеквадратичного отклонения и лучшую визуальную различимость деталей. Полученные результаты показывают перспективность использования нового метода для реконструкции пространственных распределений источников излучения в ОФЭКТ.

В итоге доказано, что новый метод исследования рассеивающих сред на основе томографической реконструкции пространственного распределения источников излучения имеет высокую научную и практическую значимость. Полученные результаты могут быть использованы при проведении

дальнейших исследований в области экспериментальной физики, а также с целью совершенствовании алгоритмов реконструкции эмиссионных томографов.

Оценивая диссертацию Лысенко А.Ю. комплексно, можно заключить, что им продемонстрированы добротные знания в области теоретического и экспериментального исследования физических свойств веществ с помощью излучений.

В то же время следует сделать несколько замечаний:

1. Алгоритм, разработанный для реализации предложенного метода реконструкции, используется при реконструкции томограмм в однородных рассеивающих средах, однако не обсуждается возможность применения этого алгоритма для неоднородных рассеивающих сред.

2. При проведении исследований с помощью ОФЭКТ используются различные радионуклиды, такие как ^{99m}Tc , ^{131}I , ^{111}In , ^{189}Au и т.д. Однако в диссертационной работе в качестве источника излучения рассмотрен только ^{99m}Tc .

Указанные недостатки не снижают общий высокий уровень диссертационной работы, а также – значимость полученных научных и практических результатов.

Защищаемые научные положения, выводы и рекомендации диссертационной работы Лысенко А.Ю. являются обоснованными и достоверными. Ее основные результаты достаточно полно отражены в опубликованных работах, представляют несомненный научный интерес и имеют практическую значимость. А сама диссертационная работа представляет собой завершённый научный труд, выполненный на актуальную тему и содержащий решение научной задачи, имеющей существенное значение для дальнейшего развития ядерной физики и медицины. Текст автореферата полно и логично отражает содержание диссертационной работы.

Заключение. Считаю, что диссертационная работа полностью соответствует требованиям, установленным "Положением о присуждении

ученых степеней" ВАК при Минобрнауки РФ. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.3.2 – «Приборы и методы экспериментальной физики», а Лысенко Александр Юрьевич заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.2 – «Приборы и методы экспериментальной физики».

Официальный оппонент,
заведующий кафедрой электронных приборов и устройств
СПбГЭТУ «ЛЭТИ», доктор технических наук, профессор
_____ Потрахов Николай Николаевич
«30» марта 2022 г.

Даю согласие на сбор,
обработку и хранение персональных данных
_____ Потрахов Николай Николаевич

Подпись Потрахова Н. Н. заверяет отдел кадров
федерального государственного автономного образовательного
учреждения высшего образования Санкт-Петербургский государственный
электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

ПОДПИСЬ
ЗАМ. НАЧ. ОК
« »



_____ «30» марта 2022 г.

197022, г. Санкт-Петербург,
улица Профессора Попова, дом 5, литера Ф
Тел.: +7(812) 234-46-51
E-mail: info@etu.ru