

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

на дисертаційну роботу Малихіної Т.В. *“Моделювання детектуючих систем пошуку джерел іонізуючого випромінювання”*,
представленої на здобуття наукового ступеню
кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю
01.04.01 - фізика приладів, елементів і систем

Дисертаційна робота Малихіної Т.В. *«Моделювання детектуючих систем пошуку джерел іонізуючого випромінювання»* присвячена розробці та створенню приладів для пошуку й ідентифікації джерел іонізуючого випромінювання (ДІВ). Згідно з Основними науковими напрямками та найважливішими проблемами фундаментальних досліджень у галузі природничих, технічних і гуманітарних наук національних академій наук України на 2014- 2018 роки, які були розроблені за рішенням Ради президентів академій наук України від 27.12.2013 р. на основі Основних наукових напрямів НАН України і затверджені постановою Президії НАН України від 20.12.2013 № 179, з урахуванням пропозицій усіх національних галузевих академій наук України, даний напрямок наукового дослідження є актуальною задачею на сьогоднішній день в усьому світі. У зв'язку зі швидким розвитком ядерних технологій існує необхідність контролю, прискореного пошуку, визначення, ідентифікації та локалізації місць радіоактивного забруднення навколишнього середовища і промислових об'єктів. Для вирішення таких проблем необхідні спеціальні прилади, які здатні проводити виявлення та локалізацію різних гамма-джерел, визначати як енергію, так і інтенсивність дискретних гамма-ліній з метою виявлення ступеня радіаційної небезпеки.

Вибір детектора для дослідження певних елементарних частинок в певній мірі визначається властивостями цих частинок, характером їх взаємодії з речовиною, що вимагає застосовувати детектори частинок різних типів. Ці прилади характеризуються цілим рядом параметрів (ефективністю реєстрації, енергетичною роздільною здатністю, швидкодією та ін.), які впливають на умови та методи їх застосування. Наприклад, за допомогою сцинтиляційних лічильників можна вимірювати енергетичні спектри електронів і гамма-квантів, при цьому вони мають високу ефективність реєстрації ДІВ, однак мають малу енергетичну роздільну здатність. Тому для отримання пристроїв детектування, що працюють при кімнатній температурі та мають високу енергетичну роздільну здатність, застосовують напівпровідникові детектори на основі найбільш перспективних сполук GaAs, SiC, CdTe з високою рухливістю носіїв заряду.

Процес розробки та створення детектуючих пристроїв обумовлений шкідливими й небезпечними для життя людини і навколишнього середовища умовами. Тому застосування комп'ютерних технологій на етапі проведення наукових досліджень дозволяє уникнути значних матеріальних, фінансових і людських витрат. Перевагу слід віддавати більш наукомістким і дешевим технологіям, які забезпечують вирішення проблеми вивчення властивостей приладів, що розробляються. У цьому плані комплекс питань, розглянутих в даній дисертаційній роботі, є вдалою спробою її вирішення. Використовуючи величезний науково-технічний потенціал, який досягнутий в Інституті високих технологій Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна при створенні та експлуатації супутникового спектрометра-телескопа «СТЕП-Ф», дозволив провести вимірювання безперервних потоків електронів, протонів і альфа-частинок у певних діапазонах енергій в залежності від їх кута розсіювання під час космічного експерименту «КОРОНАС-ФОТОН».

Рішення поставлених задач проводилося в рамках різних проектів і НДР, зокрема:



- УНТЦ №1578 «Розробка комбінованого телескопу для вимірювань потоків високоенергійних заряджених частинок в навколоземному просторі, та для дозиметричних цілей» (2000 – 2003 рр.);
- Спільний проект кафедри електроніки і управляючих систем ХНУ імені В.Н. Каразіна та лабораторії радіаційного, біологічного, хімічного захисту військ РХБЗ кафедри військової підготовки Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» (2008 - 2010 рр.)
- № 0111U001464 «Нейтронне і гамма-випромінювання при сухому зберіганні відпрацьованого ядерного палива» (2011 – 2012 рр.);
- № 02–08–12 (У35 – 2012) «Механізми утворення та переносу радіонуклідів у Земній атмосфері» (2012 – 2013 рр.).

Підводячи підсумок можна сказати, що дана дисертаційна робота, присвячена створенню та дослідженню детекторних блоків приладів для реєстрації іонізуючого випромінювання, а також технічних пристроїв для потреб ядерної медицини та екологічного моніторингу, представляє безперечний науковий і практичний інтерес, а її актуальність не викликає сумніву.

У дисертаційній роботі автором вирішується цілий комплекс завдань: від розробки аналітичних методів дослідження процесів, що відбуваються у речовинах детекторних блоків приладів для реєстрації випромінювання, створення їх комп'ютерних моделей і проведення обчислювальних експериментів з моделями приладів до аналізу отриманих результатів, уточнення та вдосконалення експлуатаційних характеристик розроблюваних приладів.

У ході проведених досліджень автором проведена велика робота. До числа нових фізичних результатів дисертаційної роботи можна віднести:

1. Вперше розроблено модель і досліджені фізичні процеси, що відбуваються при проходженні іонізуючого випромінювання крізь елементи детекторного блоку супутникового спектрометра-телескопа «СТЕП-Ф» космічного наукового експерименту «КОРОНАС-ФОТОН», що дозволило на етапі розробки приладу уточнити кутову роздільну здатність приладу, а також визначити діапазони енергій частинок, що реєструються приладом.
2. Вперше запропонований і досліджений детекторний блок приладу для визначення напрямку на точкове джерело гамма-випромінювання. Зокрема, за допомогою розробленої комп'ютерної моделі досліджені фізичні процеси, що відбуваються в речовинах детекторного блоку при проходженні гамма-квантів. Оптимізовано розташування чутливих елементів і змінена конструкція детекторного блоку, що дало можливість на 18° розширити діапазон кутів, для яких визначається напрямок на джерело гамма-випромінювання.
3. Вперше проведено співставлення експериментальних даних відношення інтенсивності сигналів в детекторах приладу для визначення напрямку на джерело гамма-випромінювання і даних чисельного моделювання, яке використовується в якості альтернативи лабораторним дослідженням електромагнітних процесів, що відбуваються у детекторних блоках приладів при реєстрації гамма-квантів з енергіями до 1 МеВ. Встановлено, що модель, яка базується на експериментальних даних Ліверморської національної лабораторії, для даного класу задач є більш ефективною.
4. Вперше отримані спектральні і кутові характеристики гальмівного випромінювання, яке проходить через набір мішеней для напрацювання ^7Be у різних речовинах, що дозволило разом з експериментальними даними про активність ^7Be розрахувати переріз фотоутворення ізотопу ^7Be у речовинах, що входять до складу атмосфери Землі, під впливом гамма-квантів високих енергій.

Наукова та практична значимість дисертаційної роботи полягає в тому, що використані методи та отримані автором результати можуть бути корисні розробникам приладів для реєстрації ДІВ. Запропоновані методи дослідження фізичних процесів, що відбуваються під дією іонізуючого випромінювання у речовині детекторних блоків приладів і складових частинах експериментальних установок, а також створений на їх базі науково-програмний комплекс, являють собою потужний інструмент, який дозволяє обчислювати ослаблення потоків випромінювання, розраховувати елементи захисту від іонізуючого випромінювання, оцінювати можливі радіаційні пошкодження електронних компонент і т.п. За допомогою розробленого науково-програмного комплексу можна вирішувати широке коло фізичних завдань, що є більш безпечним для дослідників, ніж натурний експеримент.

Характеризуючи роботу в цілому, необхідно відзначити її цілісний і завершений характер: від постановки задачі до проведення теоретичних і експериментальних досліджень, що включають розробку різних комп'ютерних моделей детекторних блоків приладів для реєстрації ДІВ та пристроїв для дослідження випромінювання, проведення на їх основі обчислювальних експериментів, отримання результатів моделювання, а також їх порівняння з результатами натурального експерименту. Необхідно відзначити ясність бачення автором методів та шляхів вирішення поставлених задач, а найголовніше – практичну реалізацію низки отриманих наукових результатів у вигляді готового детектора супутникового спектрометра-телескопа «СТЕП-Ф», який був встановлений на космічному апараті наукового експерименту «КОРОНАС-ФОТОН» й успішно відпрацював на орбіті Землі за заданою програмою експерименту.

Достовірність та обґрунтованість основних результатів і висновків дисертації забезпечена застосовуваними математичними методами рішення, адекватністю фізичних моделей процесам, що відбуваються. Розроблені моделі були протестовані, а основні результати дисертації були підтверджені прямою відповідністю теоретичних і експериментальних даних, а також шляхом доведення їх до практичного використання в діючих зразках детекторних блоків.

Основні результати дисертації представлені у 22 публікаціях, серед яких 14 статей, 8 з них у спеціалізованих виданнях, з них 5 статей опубліковані у виданнях, які входять до наукометричної бази Scopus, 6 статей додатково відображають наукові результати, а також 8 тез доповідей на наукових конференціях і семінарах. Судячи зі списку авторських робіт, особистий внесок автора більш ніж переконливий. Автореферат повністю відповідає змісту та основним положенням дисертації й оформлений відповідно до існуючих вимог ДАК України.

На жаль, робота не вільна від ряду недоліків, серед яких необхідно відзначити наступні:

1. На стор. 56 наведено рис. 2.6, де по осі Y показано число N_{α} зворотно розсіяних іонів гелію (на верхньому графіку (а) – від 0,00 до 0,3, а на нижньому (б) – від 120 до 280), далі в описі цього рисунка на стор. 54 сказано «...На рис. 2.6 (а) представлені результати измерения ... Результаты вычислительного эксперимента,..., представлены на рис. 2.6 (б)», однак на стор. 57 сказано «...В результате анализа данных вычислительного эксперимента получен вид зависимости от угла рассеяния количества обратно рассеянных ионов гелия (рис. 2.6 (а)), близкий к виду, представленному на рис. 2.6 (б).». Необхідно поєднувати графіки експериментальних і теоретичних досліджень для більш точного їх аналізу та виключення таких помилок в описі.
2. При доведенні адекватностей розроблених математичних моделей автор проводить лише якісну оцінку, посилаючись на зовнішній вигляд графіків, як, наприклад, у пункті 1 (стор. 57), або стор. 83 «...Достигнуто хорошее совпадение результатов

моделирования с экспериментальными данными...», стор. 89 «... можно заметить хорошее соответствие между экспериментальными и модельными данными...», стор. 120 «... находятся в хорошем соответствии с результатами других авторов [114, 115].», при цьому немає оцінки у кількісних даних.

3. На стор. 95 наведено рис. 4.2 у чорно-білому виконанні, на якому не видно, де розташовані детектори D1 і D2, тому він не інформативний.
4. В дисертаційній роботі існують граматичні помилки (див., наприклад, стор. 6, 26, 37, 46, 89, 112 і т.д.) і описки (див., наприклад, стор. 72: у описі рис. 3.10 сказано, що «...представлены фрагменты энергетических спектров вторичных электронов с энергией более 50 кэВ...», а на самому рисунку показано " $E_e = 50 \text{ МэВ}$ ", на стор. 124 автор двічі описує, який гальмівний конвертер використовувався у експерименті), а також у тексті відсутнє посилання на джерело літератури 70.

Зазначені недоліки не знижують загального позитивного враження від роботи. В цілому дисертаційна робота Малихіної Т.В. "Моделирование детектирующих систем поиска джестерел іонізуючого випромінювання" є закінченою науковою роботою, що виконана на високому науковому рівні, присвячена вирішенню важливої науково-технічної задачі, повністю відповідає сучасним вимогам, що пред'являються ДАК України до кандидатських дисертацій та спеціальності 01.04.01 – фізика приладів, елементів і систем, а її автор Малихіна Т.В. заслуговує присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.01 - фізика приладів, елементів і систем.

Офіційний опонент,
кандидат фізико-математичних наук,
докторант кафедри фізичних основ
електронної техніки Харківського
національного університету
радіоелектроніки



Т.І. Фролова

Підпис докторанта Фролової Т.І. засвідчую:

Завідувач відділом
аспірантури і докторантури
Харківського національного
університету радіоелектроніки




В.П. Манаков