

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Малихіної Тетяни Василівни
«Моделювання детектуючих систем пошуку джерел
іонізуючого випромінювання»,
поданої на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук
за спеціальністю 01.04.01 – фізика приладів, елементів і систем

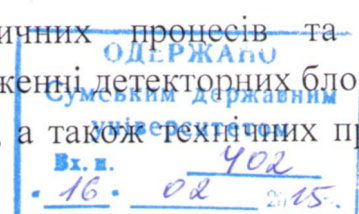
Актуальність теми дисертації

У зв'язку з розвитком ядерних технологій задача розробки нових ефективних приладів для потреб радіаційного моніторингу і пошуку місць радіоактивного забруднення техногенного походження є достатньо важливою на сьогоднішній день. Відповідні сучасні прилади також необхідні для експериментальних досліджень з фізики високих енергій та космічних наукових експериментів. У процесі розробки приладів для реєстрації та дослідження іонізуючого випромінювання необхідно проводити певну кількість лабораторних випробувань, які є небезпечними та шкідливими для здоров'я людини. Використання комп'ютерного моделювання надає можливість дослідити фізичні процеси перетворення електромагнітного випромінювання у речовині приладів, що розроблюються, із використанням обчислювальних експериментів як альтернативи частині необхідних лабораторних випробувань. Тому дослідження методами комп'ютерного моделювання фізичних процесів, що відбуваються у речовині детекторних блоків приладів та складових частинах експериментального устаткування під дією іонізуючого випромінювання, запроваджується як один з етапів розробки цих приладів. Таким чином, актуальність і практична цінність тематики досліджень не викликає сумнівів.

Дисертаційна робота Малихіної Т.В. виконувалася в Інституті високих технологій Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна у рамках тем державного замовлення і міжнародних грантів (проекту № 1578 Українського науково-технологічного центру, №0111U001464 Міністерства освіти і науки України, спільного проекту кафедри електроніки і управляючих систем ХНУ імені В.Н. Каразіна та лабораторії радіаційної, екологічної і хімічної безпеки військ РХБЗ факультету військової підготовки Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут", проекту № 02-08-12 (У35-2012) Російського фонду фундаментальних досліджень і НАН України).

Загальна характеристика дисертації

Мета роботи полягала у дослідженні фізичних процесів та їх характеристик і створенні за їх результатами та дослідженні детекторних блоків приладів для реєстрації іонізуючого випромінювання, а також технічних при-



строїв для потреб ядерної медицини та екологічного моніторингу. Дисертаційна робота присвячена дослідженню фізичних процесів, що відбуваються у детекторних блоках приладів для реєстрації іонізуючого випромінювання, а також у речовині складових частин експериментального устаткування під дією випромінювання. Зокрема, у роботі:

1) досліджуються фізичні процеси, що відбуваються у речовині детекторів супутникового спектрометра-телескопу “СТЕП-Ф” під час реєстрації альфа-частинок, електронів, протонів магнітосферного та сонячного походження;

2) розробляється новий прилад для визначення напрямку на точкове джерело гамма-квантів, оптимізуються параметри та покращуються експлуатаційні характеристики приладу;

3) досліджується та оптимізуються параметри конвертора гальмівного випромінювання електронів, що призначений для виробництва ізотопів медичного призначення;

4) досліджуються фізичні процеси, що відбуваються у складових частинах випромінювального стенду для вивчення механізму фотоутворення ізотопу ${}^7\text{Be}$ у атмосфері Землі.

Дисертаційна робота Малихіної Т.В. складається з п'яти розділів.

У першому розділі роботи розглянуто принципи і методи детектування іонізуючого випромінювання та вказані проблеми, що виникають під час розробки приладів для реєстрації випромінювання. Проведено огляд літературних джерел та проаналізовано роботи з розробки приладів для детектування іонізуючого випромінювання. Виявлено, що існуючі прилади лише частково задовольняють вимогам поставленої задачі, тому що мають малу точність вимірювань або працюють у іншому діапазоні вимірювальних величин. Проведено порівняльний аналіз існуючих систем моделювання процесів взаємодії випромінювання з речовиною та зроблено висновок щодо найбільш ефективних засобів. Особлива увага приділяється методам, які забезпечують необхідне поєднання широти енергетичних діапазонів, котрі досліджуються у приладах, можливості опису складних матеріалів та їх властивостей і реєстрації повного набору іонізуючих частинок (протони, електрони, альфа-частинки, гамма-кванти, нейтрони тощо).

У розділі 2 розроблено моделі фізичних процесів, які відбуваються у речовині приладів, котрі досліджуються у роботі. Представлено методику проведення досліджень на основі співставлення експериментальних і модельних даних. Проведена верифікація обраних методів досліджень. Показано, що результати моделювання фізичних процесів, які отримані з використанням розробленої методики, знаходяться у відповідності з

літературними даними та даними проведених автором експериментальних досліджень.

У розділі 3 представлені дослідження фізичних процесів, які відбуваються у речовині детекторних блоків супутникового спектрометра-телескопа «СТЕП-Ф» космічного експерименту «КОРОНАС-ФОТОН» під дією іонізуючого випромінювання. Отримано значення поглинених енергій у кожному з детекторів приладу, що необхідно для моделювання відгуку детекторів. Показано, що прилад «СТЕП-Ф» дозволить реєструвати електрони в діапазоні енергій 0,2-20 МеВ; протони – в діапазоні енергій 3,5-77 МеВ; альфа-частинки – в діапазоні енергій 13,5-307 МеВ. Проведено моделювання генерації вторинних частинок, визначено їх типи, кількість і відносний внесок у амплітуду імпульсів у детекторах. Досліджено залежність від енергії кута розсіювання первинних електронів у детекторі D1 приладу. Показано, що для електронів з енергією $\sim 4,5$ МеВ і більше можливе визначення напрямку приходу частинки шляхом реєстрації її елементами кремнієвих матриць з ідентичними номерами системи детекторів D1, D2. Доведено, що у всіх діапазонах енергій, для яких за допомогою приладу «СТЕП-Ф» можлива реєстрація протонів і альфа-частинок, можливе також і визначення напрямку приходу частинок. Показано, що сигнали від сусідніх елементів детекторів D1 і D2 не відчувають взаємного впливу при реєстрації приладом протонів і альфа-частинок високих енергій.

Результати досліджень цього розділу достатньо освітлені в публікаціях автора в міжнародних (“Advances in Space Research”) та українських (“Вісник Харківського національного університету. Серія фізична”, “Космічна наука і технологія”) наукових журналах і доповідалися на численних міжнародних конференціях.

У четвертому розділі розроблено і досліджено модель приладу для визначення напрямку на точкове джерело гамма-випромінювання. Запропоновано спосіб визначення напрямку приходу гамма-квантів в систему, де детектори зміщені щодо геометричних центрів порожнин, в яких вони розташовані. Дана корекція, внесена в геометричні параметри детекторного блоку приладу, дозволяє розширити на 18° діапазон напрямків реєстрації гамма-квантів.

Важливим результатом є заснований на експериментальних і теоретичних даних роботи висновок про найефективніші засоби для дослідження процесів перетворення електромагнітного випромінювання у детекторах приладу при реєстрації гамма-квантів з енергією до 1 МеВ, що базуються на експериментальних даних Ліверморської національної лабораторії.

У п'ятому розділі роботи розроблено і досліджено модель конвертора гальмівного випромінювання, який є складовою частиною експериментального устаткування для виробництва ізотопів. Отримано спектральні і кутові

характеристики гальмівного випромінювання і потоку нейтронів від гальмівного конвертора. Показано, що величини потоків гамма-квантів і нейтронів допускають використання конвертору для виробництва медичних ізотопів. Проведені дослідження дають змогу оцінити активності цільових ізотопів, що створюються в реакціях з нейтронами, для визначення найбільш перспективних ізотопів для фотоядерного виробництва. З метою дослідження каналів ядерних реакцій, що призводять до фотоутворення ізотопу ${}^7\text{Be}$ у атмосфері Землі, проведені дослідження фізичних процесів при проходженні гальмівного випромінювання крізь мішені AlN , Al_2O_3 , що мають у складі азот і кисень, тобто основні компоненти атмосферного повітря.

За матеріалами цього розділу опубліковано декілька статей у журналах “Physical Review”, “Physics of Atomic Nuclei”, “Problems of Atomic Science and Technology” та ін.

Знайомство з оригінальними результатами дисертації дозволяє сформулювати положення, які визначають **наукову новизну роботи**:

1. Вперше досліджено фізичні процеси, які відбуваються під впливом іонізуючого випромінювання у детекторах супутникового спектрометра-телескопа “СТЕП-Ф” космічного наукового експерименту “КОРОНАС-ФОТОН”. Встановлені енергетичні діапазони реєстрації кожного типу частинок, чутливість, поле зору приладу та інші параметри.

2. Вперше запропоновано та досліджено детекторний блок приладу для визначення напрямку на джерело гамма-випромінювання. Розроблено комп’ютерну модель, за допомогою якої проведено аналіз проходження іонізуючого випромінювання у складній системі “сферичний поглинач – повітряна порожнина – детектор”, оптимізовано розташування чутливих елементів та змінено конструкцію приладу, в результаті чого на 18° розширений діапазон азимутальних кутів, для яких визначається напрямок на джерело гамма-випромінювання.

3. Вперше отримані спектральні та кутові характеристики гальмівного випромінювання, яке проходить крізь набір мішеней для утворення ${}^7\text{Be}$ у різних середовищах, що дозволило сумісно з експериментальними даними про активність ${}^7\text{Be}$ розрахувати перетин фотоутворення ${}^7\text{Be}$ у речовинах, які входять до складу атмосфери Землі, під впливом високоенергійного гамма-випромінювання.

Практичне значення роботи і рекомендації щодо їх використання

Дисертаційна робота та отримані результати мають практичне значення, оскільки доповнюють новітні методики експериментальних досліджень у галузі фізики приладів. Практичне значення робота має як для кожного з приладів, що

розроблюються та досліджуються у роботі, так і для подальших досліджень в цілому.

Зокрема, для приладу “СТЕП-Ф” досліджені значення поглинених енергій у кожному з детекторів приладу під час реєстрації випромінювання, що необхідно для оцінювання відгуку детекторів приладу. Проведено дослідження генерації вторинних частинок, визначені їх типи, кількість і відносний внесок, що дозволяє оцінити можливі радіаційні пошкодження детекторів під час натурних випробувань та наступної експлуатації приладу в умовах космосу.

За результатами досліджень дисертаційної роботи робочий екземпляр приладу, встановлений на космічному апараті експерименту “КОРОНАС-ФОТОН”, успішно відпрацював на орбіті Землі за заданою програмою наукового експерименту.

Для приладу, призначеного для визначення напрямку на точкове джерело випромінювання, удосконалено геометричні параметри детекторного блоку приладу: за рахунок зміни взаємного розташування детекторів відносно центру порожнин у поглиначі був розширений діапазон азимутальних кутів, для яких можливе визначення напрямку на джерело випромінювання.

Отримано спектральні і кутові характеристики гальмівного випромінювання і потоку нейтронів від гальмівного конвертера, що має практичне значення для виробництва медичних ізотопів та дослідження механізмів фотоутворення ізотопу ^7Be у атмосфері Землі.

Використані методи дослідження і отримані результати можуть стати у нагоді розробникам приладів для реєстрації випромінювання. Запропоновані методи дослідження фізичних процесів, що відбуваються під дією іонізуючого випромінювання у речовині детекторних блоків приладів і складових частин експериментальних установок, а також створений на їх базі науково-програмний комплекс являють собою ефективний інструмент, який дозволяє обчислювати ослаблення потоків електромагнітного випромінювання, розраховувати елементи захисту та оцінювати можливі радіаційні пошкодження електронних компонент тощо. Розроблений науково-програмний комплекс дозволяє моделювати та досліджувати широке коло фізичних експериментів, що використовують електромагнітне випромінювання, або експериментів, котрі недоцільно проводити через їх шкідливі й небезпечні для здоров'я людини умови.

Достовірність результатів та ступінь обґрунтованості наукових положень

Достовірність і обґрунтованість наукових результатів підтверджується узгодженням одержаних теоретично результатів з експериментальними даними, фізичною відповідністю запропонованих моделей класичним уявленням і обґрунтованістю зроблених припущень і наближень, використанням сучасних

методів дослідження фізичних процесів, які відбуваються у речовині складових частин приладів для реєстрації іонізуючого випромінювання. Наукову новизну і достовірність результатів підтверджують публікації у міжнародних наукових журналах і збірниках наукових статей.

Зауваження до роботи

1. Висновки до першого розділу дисертації, які фактично представляють собою постановку задачі, сформульовані не чітко. Крім того, зазвичай, в цьому розділі свої результати не описуються.

2. Не зрозуміло, яким чином момент кількості руху електронів впливає на вигляд їх траєкторії при великих енергіях у процесі, що описаний на с.81.

3. Четвертий висновок дисертаційної роботи не є особливим досягненням, оскільки обґрунтування використання того чи іншого методу, тієї чи іншої моделі, вибору способу моделювання повинне проводитися в будь якій дослідницькій роботі.

Деякі зауваження стосуються не змісту самої роботи, а неякісного редагування. Наприклад:

1. Зустрічаються неточності у побудові фраз, типу:
"Физические процессы, ..., используют формулы (2.1)-(2.9) для математического описания процессов" (с.41);
"излучение моделируется равномерно в 4π " (с.102);
"на котором можно изображен фрагмент модели мишенной сборки" (с.125).

2. У тексті зустрічається ряд помилок і граматичних неточностей, особливо в 4-му і 5-му розділах:

"с неачальной энергией 1,5 МэВ" (с.77);
"через чентры фольг" (с.112);
"мишеней, стостоящих из" (с. 119) тощо.

Загальний висновок

Вважаю, що вказані зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку роботи Малихіної Т.В.

Не викликає сумнівів особистий внесок Малихіної Т.В. у представлений цикл досліджень, що охоплює більш ніж десятирічний період роботи, результати яких опубліковані у наукових журналах і які пройшли апробацію на міжнародних і вітчизняних конференціях і семінарах.

Основні результати дисертації викладені у 22 наукових публікаціях: у 14 статтях, з яких 8 – у виданнях, які затверджено ДАК України як фахові з фізико-математичних наук, 3 – у виданнях, які індексуються базою даних Scopus, та 6 журнальних статей, які додатково відображають наукові

результати, а також у 8 тезах доповідей на наукових конференціях. Зміст автореферату досить повно відображає матеріал, викладений у дисертації. Оформлення роботи задовольняє вимогам, що пред'являються до кандидатських дисертацій.

Оцінюючи дисертацію в цілому, можна відзначити, що за актуальністю теми, обґрунтованістю і достовірністю висновків, новизною, науковим і практичним значенням дисертація Тетяни Василівни Малихіної “Моделювання детектуючих систем пошуку джерел іонізуючого випромінювання” відповідає вимогам “Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння звання старшого наукового співробітника”, затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567, а її автор заслуговує присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.01 – фізика приладів, елементів і систем.

Офіційний опонент

Зав. кафедри загальної та теоретичної фізики

Сумського державного університету

доктор фізико-математичних наук,

професор



Ю.М. Лопаткін

Підпис проф. Лопаткіна Ю. М. засвідчую:

Вчений секретар

Сумського державного університету



А. І. Рубан