

Голові разової
Спеціалізованої вченої ради
Харківського національного
університету імені В.Н. Каразіна
професору
Сергію ЛИТОВЧЕНКО
майдан Свободи 4,
м. Харків, 61022

Відгук

офіційного опонента, доктора технічних наук, заступника директора з наукової роботи «Інституту фізики високих енергій і ядерної фізики» Національного наукового центру «Харківський фізико-технічний інститут» Хажмурадова Маніпа Ахмадовича на дисертаційну роботу Улибкіна Олександра Леонідовича «Емісійний внутрішньозонний детектор нейтронів на основі металевого гафнію», подану на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 10 – «Природничі науки» за спеціальністю 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали».

1. Актуальність теми дисертації.

Постійне прагнення вдосконалити енергетичні установки та зробити їх роботу максимально ефективною та безпечною – це ті цілі, які переслідуються безперервно. І атомна енергетика тут не є винятком – навіть в рамках одного типу реакторів чи не щороку з'являються нові проекти, в яких так чи інакше пропонується часом цілий ряд покращень.

Вдосконалення також стосується і того обладнання, що вже знаходиться в експлуатації – це, звісно, можливо лише в тих проектах, де було передбачено (або окремо досліджено таку можливість) певні запаси щодо, наприклад, строку служби основних конструктивних елементів та верхньої межі щільності виділення енергії. Наприклад, якщо розглянути реактори типу ВВЕР-1000, то за останні 20 років їх поступово перевели на більш ефективне паливо, зменшили коефіцієнти запасу

виділення енергії, а також вже неодноразово подовжили строки експлуатації певних конструкційних елементів.

Загалом, існують і загальні тенденції щодо досягнення кращих показників економічності та безпеки ядерних реакторів, і вони на тлі спроб більш раціонального використання природних ресурсів створюють поле конкурентності між тими чи іншими проектами. І, звісно, чим вище будуть зазначені показники, тим більш конкурентно спроможним буде проект, а отже і країна, в якій цей проект експлуатується через меншу вартість одиниці енергії.

Підвищення ефективності використання ядерного реактора має в собі два основні моменти – збільшення енергонапруженості, а також зростання радіаційно-термічних навантажень на матеріали в активній зоні. І це, очевидно, стосується також і вимірювальних систем, відповідальність яких і сама собою неминуче зростає. То ж одним із важливих напрямків у полі вдосконалень реакторів, які вже перебувають в експлуатації, є модифікація саме вимірювальних систем. Конкретно в даній роботі пропонується в активній зоні реактора ВВЕР-1000 застосувати разом з бета-емісійними нейтронними детекторами прямого заряду ще й безінерційні детектори з емітером із металічного гафнію. Акцент тут саме на відсутність затримки сигналу, що може бути надзвичайно важливим у разі створення в активній зоні більш жорстких умов експлуатації в плані інтенсивності радіаційно-термічного впливу.

Гафній не є новим матеріалом для задач атомної промисловості, і давно відомо, що його унікальні ядерно-фізичні властивості надзвичайно зручні для умов, коли жорсткість нейтронного спектру достатньо висока, як, наприклад, в реакторах водо-водяного типу. Відомо також, що і раніше були пропозиції щодо використання даного металу у якості нейтронно-чутливого елементу внутрішньо зонних детекторів. І дана робота присвячена вивченню можливості використання такого детектора конкретно в умовах ВВЕР-1000.

У зв'язку з вищезазначеним, тема дисертації Улибкіна Олександра Леонідовича «Емісійний внутрішньозонний детектор нейтронів на основі металевого гафнію», в якій вирішується задача дослідження можливості використання безінерційного нейтронного детектора з емітером із металічного Hf в активній зоні реактора ВВЕР, є **актуальною**.

Актуальність, наукова і практична значущість теми дисертації підтверджуються також тим, що її результати отримані здобувачем за його

безпосередньої участі в проведенні планових наукових досліджень, виконаних в ІФТТМТ ННЦ ХФТІ.

2. Основні наукові та практичні результати дисертації та їхня новизна.

У дисертаційній роботі було отримано чисто розрахункові результати, що свідчать про можливість використання в активній зоні реактору ВВЕР-1000 безінерційного нейтронного детектора з емітером із металічного гафнію. Крім того, отримано дані які розширюють відомості про властивості зазначеного матеріалу.

Серед **наукових результатів** роботи, отриманих **вперше**, слід, зокрема, відзначити наступні:

1. Розроблено новий підхід для оцінки придатності матеріалу для роботи в умовах активної зони реактора ВВЕР-1000 у ролі емітера емісійного комптонівського детектора. Пропонується зосередитись на реакції матеріалу емітера детектора на опромінення та зміні характеристик цього матеріалу у процесі опромінення. Зокрема, мова про вплив нуклідних змін та пов'язаних із ним наслідків.

2. Показано, що в умовах активної зони ВВЕР-1000 метастабільні стани з ланцюжка перетворень Nf слабо впливають на динаміку нуклідних перетворень.

3. Оцінено роль матеріалу емітера гафнієвого детектора в процесі утворення електричного заряду на тлі впливу реакторних нейтронів та фотонів активної зони реактора ВВЕР-1000.

4. Уперше розраховано потоки та енергетичні спектри випромінювань, які визначають роботу гафнієвого комптонівського детектора в активній зоні реактора ВВЕР-1000 впродовж 5 років.

Найважливішими **практичними результатами** дисертаційної роботи Улибкіна О.Л. є:

1. Запропоновано методику для визначення ролей у генерації електричного заряду матеріалу нейтронно-чутливої частини детектора, а також потоків нейтронів і гама-квантів.
2. Виявлено, що число гама-квантів, які народжуються у процесі реакції поглинання нейтронів у гафнії поступово зменшується в часі, і відповідно зменшується вклад емітера у генерацію електричного заряду. Також виявлено, що гама-кванти, утворені в емітері більш ефективно конвертуються в електрони.

3. Щодо особливостей вигоряння гафнію показано, що ізомери, наявні у ланцюгу перетворень, несуттєво спотворюють динаміку нуклідних перетворень. Також показано позитивний ефект від накопичення нуклідів танталу та вольфраму – вони сприяють уповільненню деградації здатності поглинати нейтрони.
4. Суттєво розширено відомості щодо властивостей гафнію, зокрема, показано, що для умов активної зони реактора ВВЕР для більшості елементів, що присутні в його ланцюгу перетворень, домінує поглинання в резонансному діапазоні.

2. Достовірність отриманих в роботі результатів. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Аналіз проведений у роботі та запропоновані методи є логічними та науково обґрунтованими. Метод для розрахунку поведінки нуклідного складу є класичним аналітичним та добре відпрацьованим на практиці способом, і те, як його застосовано в роботі, не є суперечливим чи сумнівним. Метод та комп'ютерний код, які було використано для розрахунку спектрів випромінювання та відгуку детектора, є загальноприйнятими та надійними інструментами для задач такого роду. Вихідні параметри у моделі є релевантними і дозволяють отримати результати із похибкою, що не перевищує величину 1% для спектрів та 5% для фінального відгуку, що є надійним результатом. Отримані результати адекватно корелюють із загальнодоступними даними інших авторів.

Виконані автором дисертації дослідження базуються на сучасних уявленнях прикладної фізики, результати та висновки цих досліджень не суперечать визнаним положенням та узгоджуються з відомими теоретичними та експериментальними даними. Вищезазначене є підставою зробити висновок про достовірність наукових результатів і належну обґрунтованість наукових положень і висновків, сформульованих у дисертації.

5. Повнота викладення основних наукових і практичних результатів в опублікованих наукових працях. Завершеність і стиль викладення. Дотримання вимог академічної доброчесності.

Основні наукові та практичні результати дисертаційної роботи О.Л. Улибкіна в повному обсязі опубліковані у 7 статтях у спеціалізованих наукових журналах (всі

у наукометричній базі Scopus), 9 тезах доповідей на конференціях. В дисертації основні підходи, зміст досліджень і фізичне трактування отриманих результатів висвітлені повно і послідовно. В цілому дисертація є завершеним науковим дослідженням, виконана на високому науково-технічному рівні. Текст дисертаційної роботи та викладені результати є новими, не мають ознак порушення академічної доброчесності, робота не містить запозичень без належних посилань.

6. Зауваження по дисертації.

1. Стосовно розв'язку Бейтмана варто розширити опис стосовно того, що, даний метод не передбачає врахування ефекту самоекранізації, а також того, що в ньому є певні обмеження в плані співвідношення швидкостей утворення та зникнення певного нукліду.
2. У наведеній комп'ютерній моделі використано лише одну ТВЗ, чому?
3. Варто більш розгорнуто навести причини використання у якості відгуку саме інтенсивності утворення електричного заряду.
4. В тексті дисертації є невелика кількість дефектів оформлення: повтори фраз та формул, русизми.

Зроблені зауваження не впливають на загальну високу позитивну оцінку роботи, не зменшують вагомість та цінність отриманих при її виконанні наукових та практичних результатів.

5. Загальні висновки.

Дисертаційна робота Улибкіна О.Л. «Емісійний внутрішньозонний детектор нейтронів на основі металевого гафнію» є актуальним завершеним науковим дослідженням, має наукову новизну та практичну значимість. Тема дисертаційної роботи, зміст її наукових і практичних результатів відповідає галузі знань 10 – «Природничі науки» за спеціальністю 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали», а також повністю відповідає «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (постанова Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. № 44) та наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. №40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації».

Вважаю, що Олександр Леонідович Улибкін заслуговує на присудження йому ступеня доктора філософії з галузі знань 10 – «Природничі науки» за спеціальністю 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали».

Офіційний опонент, доктор технічних наук, заступник директора з наукової роботи «Інституту фізики високих енергій і ядерної фізики» Національного наукового центру «Харківський фізико-технічний інститут»		Манап ХАЖМУРАДОВ
---	--	------------------

Онлайн сервіс створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

ПРОТОКОЛ

створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 15:21:02 20.06.2024

Назва файлу з підписом: відгук опонента_Хажмурадов.docx.asice

Розмір файлу з підписом: 30.6 КБ

Перевірені файли:

Назва файлу без підпису: відгук опонента_Хажмурадов.docx

Розмір файлу без підпису: 28.1 КБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: Хажмурадов Манап Ахмадович

П.І.Б.: Хажмурадов Манап Ахмадович

Країна: Україна

РНОКПП: 1568503334

Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 15:21:00 20.06.2024

Сертифікат виданий: "Дія". Кваліфікований надавач електронних довірчих послуг

Серійний номер: 382367105294AF9704000000D97218010A9D8502

Тип носія особистого ключа: ЗНКІ криптомодуль ІІТ Гряда-301

Алгоритм підпису: ДСТУ 4145

Тип підпису: Кваліфікований

Тип контейнера: Підпис та дані в архіві (розширений) (ASiC-E)

Формат підпису: 3 повними даними ЦСК для перевірки (CAdES-X Long)

Сертифікат: Кваліфікований

Версія від: 2024.04.15 13:00

Голові разової
Спеціалізованої вченої ради
Харківського національного
університету ім. В.Н. Каразіна
професору
Сергію ЛИТОВЧЕНКО
майдан Свободи 4,
м. Харків, 61022

Відгук

офіційного опонента, доктора фізико-математичних наук, професор кафедри теоретичної та експериментальної ядерної фізики Національного університету «Одеська політехніка» Тарасова Віктора Олексійовича на дисертаційну роботу Улибкіна Олександра Леонідовича «Емісійний внутрішньозонний детектор нейтронів на основі металевого гафнію», подану на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 10 – «Природничі науки» за спеціальністю 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали».

Обґрунтування вибору теми дослідження.

Підвищення показників економічності та безпеки ядерних реакторів – це той тип задач, які знаходяться у постійній розробці як для нових проектів реакторів, так і для тих, що вже перебувають в експлуатації. Дослідження, що присвячені покращенню зазначених показників, мають надзвичайно широкий фронт з точки зору того, що можна змінити чи розробити: паливо; паливні чи поглинаючі елементи; конструкція активної зони; склад і технології виготовлення конструкційних матеріалів; тривалість використання ядерного палива; розробка та впровадження більш ефективних та безпечних способів управління/контролю

виділенням енергії. Останнє має надзвичайне значення, так як нерозривно пов'язане з іншими можливими змінами. Так чи інакше, глобально всі зусилля по підвищенню вигоди використання реактора призводять або до росту потужності в активній зоні, або до підвищення навантаження на матеріали. І, в такому випадку, відповідальність усіх вимірювальних систем суттєво зростає, бо виникають режими роботи, які не було передбачено на етапі проектування, і які ще вчора розглядались, як неробочі (наприклад, підвищення величини коефіцієнту використання встановленої потужності).

В реакторах типу ВВЕР використовуються сотні β -емісійних нейтронних детекторів, за допомогою яких вимірюється профіль нейтронного потоку в активній зоні. Цьому типу детекторів властива затримка сигналу, яку на даний момент обходять за допомогою математичних методів. Але при підвищенні виділення енергії та зростанні навантаження на матеріали, зокрема, і на ті, що є у складі нейтронних детекторів, виникає питання: чи зможе вимірювальна система, що базується лише на інерційних детекторах, забезпечити всією необхідною інформацією у випадку, коли профіль енерговиділення наближається до межі, досягнення якої вважається переходом в аварійний режим?

Пропонується разом із β -емісійними також використовувати ще й комптонівські (безінерційні) нейтронні детектори. Звісно, ці детектори набудуть свого значення лише в конкретних режимах роботи ядерного реактора.

У якості нейтронно-чутливого елемента комптонівського детектора пропонується використовувати металічний Hf через його зручні ядерно-фізичні характеристики та відносно низьку вартість.

Враховуючи все вищезазначене, можна стверджувати, що робота, в якій вирішується важлива науково-технічна задача сучасної прикладної фізики, а саме – дослідження можливості використання комптонівського (безінерційного)

нейтронного детектора з емітером із металічного Hf в активній зоні реактора ВВЕР, є актуальною.

Результати роботи було отримано відповідно до планів науково-дослідних робіт ННЦ ХФТІ, спрямованих на розвинення атомної енергетики України. У зазначених роботах автор дисертації був виконавцем.

Підхід до формулювання мети та задач дослідження є фізично обґрунтованим. Це стосується і обрання об'єкту та предмету досліджень. Об'єкт та предмет дослідження визначені чітко, взаємоузгоджені та відповідають змісту роботи.

Достовірність та обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі.

Достовірність наукових результатів забезпечена використанням сучасних методів розрахунків у спеціалізованому Монте-Карло коді. Кореляція отриманих результатів із літературними даними також свідчить про їх несуперечливість (наприклад, здатність поглинати нейтрони гафнієм, рівень сигналу, час затримки сигналу, вклад емітера у загальну генерацію). Отримані результати відповідають базовим загальнонауковим та фізичним закономірностям, сучасним концепціям розвитку прикладної фізики.

До основних нових наукових результатів дисертації слід віднести:

- Розроблено підхід для оцінки придатності матеріалу до роботи в умовах АЗ реактора в ролі емітера емісійного детектора.
- На основі аналізу ланцюжків перетворень нуклідів та перерізів, що враховують поглинання в тепловому та надтепловому діапазонах енергії (фактор Весткота і $k \cdot T$), виявлено надзвичайну важливість наявності балансу перерізів реакцій (n, γ) та концентрацій нуклідів із ланцюга перетворень.

- Виявлено, що вплив ізотопів з ланцюга перетворень Hf несуттєво впливають на динаміку зміни концентрацій його нуклідів. Ізомер, у якого найбільша величина поперечного перерізу утворення, призводить до зсуву кривої зміни концентрації в часі на величину, що менша за 1% ат.

- Показано позитивну роль нуклідів Ta і W у збереженні Hf емітера поглинати нейтрони.

- Запропоновано підхід, що дозволяє за допомогою програми MCNPX оцінити роль матеріалу емітера комптонівського нейтронного детектора на тлі впливу реакторних нейтронів і фотонів.

- Виявлено, що: реакторні фотони мають найбільшу частку у сумарному γ -випромінюванні, що діє на детектор; доля фотонів, які утворюються в детекторі поступово зменшується в часі; фотони, що народились внаслідок перебігу реакції (n, γ) більш ефективно конвертуються в електрони; інтенсивність генерації електричного заряду головним чином визначається фотонами реакторного походження; ефективність Hf емітера у генерації електричного заряду через перебіг процесу (n, γ, e) поступово зменшується.

Практична цінність роботи полягає у суттєвому розширенні відомостей про можливість застосування металічного гафнію. Зокрема, розглянуто сценарій використання цього металу у якості емітера комптонівського (безінерційного) нейтронного детектора в активній зоні реактора ВВЕР-1000. Для цих умов аналітично показано, як за період 0-5 років буде змінюватись нуклідний склад Hf емітера, а також такі характеристики, як здатність поглинати нейтрони, наведена активність та інтенсивність утворення електричного заряду. У роботі також наведено методику, що дозволяє за допомогою комп'ютерного коду MCNPX провести оцінку ролі кожного з факторів, які створюють передумови для

формування сигналу детектора. Зазначену методику можна відтворити і для умов АЗ іншого ядерного реактора.

До тексту дисертаційної роботи є зауваження:

1. Літературний огляд досить об'ємний та містить деякі результати, що було отримано безпосередньо дисертантом.

2. У методі, який було використано для розрахунку нуклідного складу, не враховано такого явища, як самоекранування матеріалу – це потребує додаткових пояснень.

3. У комп'ютерній моделі використовується лише одна ТВЗ, а як щодо вкладу сусідніх збірок? Крім того, береться лише та частина ТВЗ, що відповідає висоті детектора. Наскільки це суттєво з точки зору впливу частини, яку не було включено в розрахунок?

4. Треба більш детально пояснити, чому в роботі у якості відгуку на дію опромінення використовується саме електричний заряд, а не сила струму, що тече в електричному ланцюгу нейтронного детектора.

5. При розрахунках спектрів випромінювання варто було б застосовувати більшу кількість енергетичних груп – це б суттєво розширило уявлення про різноманіття енергій частинок, що зумовлюють роботу детектора.

6. У роботі є певні технічні вади, наявні дублювання окремих фраз та формул.

Зазначу, що сформульовані зауваження не знижують цінності отриманих науково-практичних результатів та не впливають на загальну позитивну оцінку роботи.

Повнота викладення результатів досліджень в публікаціях.

Всі основні результати та положення дисертаційної роботи висвітлені у 16 друкованих працях, 7 з яких – статті у виданнях, що індексуються наукометричною

базою Scopus. Всі представлені результати досліджень, кількість публікацій та апробації матеріалів дисертації на конференціях повністю відповідають вимогам МОН України.

Відповідність вимогам академічної доброчесності. Наведені в дисертації результати є новими, робота не містить запозичених даних інших авторів без належних посилань на їхні дослідження, тобто робота відповідає вимогам академічної доброчесності.

Загальні висновки по роботі.

Вважаю що дисертаційна робота О.Л. Улибкіна. «Емісійний внутрішньозонний детектор нейтронів на основі металевого гафнію» є завершеним дослідженням, виконаним на високому науковому рівні у повній відповідності до сформульованої мети та завдань. Робота має як наукову, так і практичну цінність, оскільки вирішує важливу науково-технічну задачу сучасної прикладної фізики, яка полягає у дослідженні можливості використання комптонівського (безінерційного) нейтронного детектора з емітером із металічного Hf в активній зоні реактора ВВЕР та з'ясування особливостей його поведінки в зазначених умовах.

За своєю спрямованістю та змістом дисертаційна робота повністю відповідає спеціальності 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали» галузі знань 10 – «Природничі науки», а також повністю відповідає «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (постанова Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. № 44) та наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. №40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації». Стиль викладу матеріалу науковий, логічний, виважений та зрозумілий.

Враховуючи актуальність, обґрунтованість наукових положень і висновків, наукову новизну та практичну значущість дисертаційної роботи, дотримання академічної доброчесності її автором, вважаю, що Олександр Леонідович Улибкін заслуговує на присудження йому ступеня доктора філософії з галузі знань 10 – «Природничі науки» за спеціальністю 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали».

Офіційний опонент,
доктор фізико-математичних наук,
професор кафедри теоретичної та
експериментальної ядерної фізики
Національного університету «Одеська
політехніка»

Віктор ТАРАСОВ

Онлайн сервіс створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

ПРОТОКОЛ
створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 18:49:43 30.06.2024

Назва файлу з підписом: відгук опонента_Тарасов В О.docx.asice
Розмір файлу з підписом: 27.7 КБ

Перевірені файли:
Назва файлу без підпису: відгук опонента_Тарасов В О.docx
Розмір файлу без підпису: 25.4 КБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: ТАРАСОВ ВІКТОР ОЛЕКСІЙОВИЧ
П.І.Б.: ТАРАСОВ ВІКТОР ОЛЕКСІЙОВИЧ
Країна: Україна
РНОКПП: 2039401478
Організація (установа): ФІЗИЧНА ОСОБА
Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 18:49:40 30.06.2024
Сертифікат виданий: КНЕДП АЦСК АТ КБ "ПРИВАТБАНК"
Серійний номер: 5E984D526F82F38F040000000AD650156F81D05
Тип носія особистого ключа: ЗНКІ криптомодуль ІІТ Гряда-301
Серійний номер носія особистого ключа: 021
Алгоритм підпису: ДСТУ 4145
Тип підпису: Кваліфікований
Тип контейнера: Підпис та дані в архіві (розширений) (ASiC-E)
Формат підпису: З повними даними ЦСК для перевірки (CADES-X Long)
Сертифікат: Кваліфікований

Версія від: 2024.04.15 13:00

Голові разової
Спеціалізованої вченої ради
Харківського національного
університету імені В.Н. Каразіна
професору
Сергію ЛИТОВЧЕНКО
майдан Свободи 4,
м. Харків, 61022

Рецензія

офіційного рецензента, кандидата фізико-математичних наук, доцента кафедри фізики ядра та високих енергій імені О.І. Ахієзера, Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна Онищенко Геннадія Михайловича на дисертаційну роботу Улибкіна Олександра Леонідовича «Емісійний внутрішньозонний детектор нейтронів на основі металевого гафнію», що подана на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 10 – «Природничі науки» за спеціальністю 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали».

Обґрунтування теми дослідження.

Науково-дослідний супровід атомної енергетики містить в собі ряд надзвичайно важливих задач, які можна розділити на окремі групи та підгрупи. Так, одними із постійних типів задач, які безперервно знаходяться у розробці під час створення нових проектів енергетичного обладнання, є підвищення показників безпеки та економічності використання ядерних реакторів. Такі самі

тенденції зберігаються і для проектів, що вже знаходяться в експлуатації. В них, звісно з деякими обмеженнями, все ж залишається можливість для певних модифікацій, що здатні покращити показники. Наприклад, вдосконалення реакторних вимірювальних систем може вирішувати одразу дві задачі – як підвищення безпеки, так і покращення економічності, як було зроблено на реакторах РБМК після аварії 1986 року. Приблизно через 3 роки для цього типу реакторів замість інерційних детекторів було розроблено та впроваджено спочатку детектори із срібла (їх інертність була суттєво меншою), а згодом і безінерційні (комптонівські) нейтронні детектори, де у якості нейтронно-чутливої частини було використано пресований порошок оксиду гафнію.

Реактори ВВЕР, що вже знаходяться в експлуатації, не є виключенням стосовно вдосконалень – тут за останні десятиліття впроваджено цілий ряд змін, які так чи інакше стосувались підвищення надійності, безпеки та економічності (рівень збагачення палива, висота стовпа паливної збірки, застосування модифікованих поглинаючих елементів, впровадження нових обчислювальних систем, зменшення коефіцієнту запасу виділення енергії і, зрештою, застосування ядерного палива від нового виробника). Та все ж сучасні тенденції продовжують створювати умови, що призводять до необхідності розглядати роботу реактора ще в більш жорстких рамках. Як результат, це призводить до ряду питань щодо надійності та довговічності роботи внутрішньозонних матеріалів. Зокрема, виникають питання щодо повноти та достовірності даних, які надає вимірювальна система нейтронного потоку.

У реакторах ВВЕР однією із систем для вимірювання нейтронного потоку є система, що базується на бета-емісійних детекторах прямого заряду (ДПЗ), яким властива затримка сигналу. У роботі вперше пропонується для реакторів ВВЕР одночасно із інерційними ДПЗ також використовувати ще й безінерційні, в яких у якості емітера, на відміну від оксиду гафнію, використовується металевий гафній.

З огляду на наведене вище, головною метою роботи стало проведення комплексної оцінки того, як саме буде поводити себе зазначений матеріал емітера безінерційного детектора в умовах активної зони реактора ВВЕР-1000. Загалом, **робота є перспективною та обґрунтованою** і має в своїй основі продемонструвати один із можливих способів удосконалення вимірювальної системи ядерного реактора.

Зауваження та питання

1. Частина результатів, що стосується відгуку, було отримано для випадку, де зміни нуклідного складу розраховано аналітичним способом. Чому одразу було не застосувати MCNPX програму для отримання нуклідного складу емітера?

2. Чому для оцінки співвідношення поглинання у тепловій та резонансній областях енергій нейтронів основним підходом було обрано аналітичний підхід, а не інструментарій програми MCNPX?

3. Наведені у роботі ланцюги нуклідних перетворень – явно спрощені. За яким принципом це було зроблено?

4. В роботі трапляються смислові повтори.

Варто зазначити, що наявні зауваження не зменшують цінність отриманих результатів та не впливають на позитивну оцінку роботи.

Загальне враження про дисертаційну роботу.

Структурно наведений у дисертації матеріал можна описати за допомогою наступних тез:

- Розгляд основних завдань, що стоять перед енергетикою, а також розгляд головних поточних тенденцій щодо підвищення безпеки та економічності реакторів.

- Розгляд проблем використання бета-емісійних детекторів, а також розгляд доцільності використання вже існуючих комптонівських нейтронних детекторів на базі оксиду гафнію в активній зоні ВВЕР-1000.
- Розгляд основних критеріїв, за якими доцільно проводити оцінку придатності матеріалу на роль емітера комптонівського детектора.
- Розгляд базових процесів, що визначають роботу комптонівського детектора, а також їх особливостей.
- Детальний опис методів розрахунків та моделей, які було використано в роботі.
- Розгляд властивостей металевого гафнію (Hf), які базуються на процесах його нуклідних перетворень, а також порівняння Hf з іншими потенційними кандидатами на роль матеріала емітера нейтронного безінерційного детектора.
- Розгляд поведінки гафнієвого емітера в умовах АЗ ВВЕР-1000 за допомогою комп'ютерної моделі в програмі MCNPX.

Серед нових результатів, що було отримано в роботі, варто виділити наступне:

- Показано надзвичайну важливість наявності балансу перерізів реакцій (n, γ) та концентрацій нуклідів у ланцюгу перетворень щодо вибору матеріалу емітера комптонівського детектора.
- Показано, що вплив наявності метастабільних станів на динаміку нуклідних перетворень гафнію природного складу є несуттєвим.

- Запропоновано новий підхід, що дає змогу за допомогою програми MCNPX оцінити роль матеріалу емітера комптонівського нейтронного детектора на тлі впливу реакторних нейтронів і фотонів.
- Встановлено, що частка γ -випромінювання, яке утворюється за рахунок протікання (n, γ) -реакції в матеріалі детектора, є досить помітною у порівнянні із зовнішнім γ -випромінюванням, що діє на детектор. Показано, що ця частка поступово зменшується в часі, і, відповідно, через це зменшується її вклад у відгук детектора.

В цілому, дисертація являє собою завершене дослідження, результати якого у сукупності розв'язують важливу проблему прикладної фізики – дослідження можливості використання комптонівського (безінерційного) нейтронного детектора з емітером із металевого гафнію в активній зоні реактора ВВЕР та з'ясування особливостей його поведінки в зазначених умовах

Науковий доробок О.Л. Улибкіна доводить належну наукову кваліфікацію здобувача.

На підставі вивчення тексту дисертації, наукових праць здобувача та Протоколу контролю оригінальності (інтернет-система Strikeplagiarism.com) встановлено, що роботу було виконано самостійно, текст не містить плагіату, і дисертація відповідає вимогам академічної доброчесності.

За спрямованістю та змістом дисертація повністю відповідає спеціальності 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали» галузі знань 10 – «Природничі науки», а також повністю відповідає «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (постанова Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. № 44) та наказу Міністерства освіти

і науки України від 12.01.2017 р. №40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації».

Вважаю, що Улибкін Олександр Леонідович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 10 – «Природничі науки» за спеціальністю 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали».

Офіційний рецензент,
кандидат фізико-математичних наук,
доцент кафедри фізики ядра та високих
енергій імені О.І. Ахієзера,
Харківського національного
університету імені В.Н. Каразіна

Геннадій ОНИЩЕНКО

Онлайн сервіс створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

ПРОТОКОЛ
створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 09:24:42 31.07.2024

Назва файлу з підписом: Відгук рецензента_Онищенко для Улибкіна.docx.asice
Розмір файлу з підписом: 30.6 КБ

Перевірені файли:

Назва файлу без підпису: Відгук рецензента_Онищенко для Улибкіна.docx
Розмір файлу без підпису: 25.9 КБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: ОНИЩЕНКО ГЕННАДІЙ МИХАЙЛОВИЧ

П.І.Б.: ОНИЩЕНКО ГЕННАДІЙ МИХАЙЛОВИЧ

Країна: Україна

РНОКПП: 1998901139

Організація (установа): ФІЗИЧНА ОСОБА

Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 09:24:41
31.07.2024

Сертифікат виданий: АЦСК АТ КБ «ПРИВАТБАНК»

Серійний номер: 248197DDFAB977E504000000CFE51F0157706B04

Алгоритм підпису: ДСТУ 4145

Тип підпису: Удосконалений

Тип контейнера: Підпис та дані в архіві (розширений) (ASiC-E)

Формат підпису: З повними даними для перевірки (XAdES-B-LT)

Сертифікат: Кваліфікований

Версія від: 2024.04.15 13:00

Голові разової
Спеціалізованої вченої ради
Харківського національного університету
імені В.Н. Каразіна
професору Сергію ЛИТОВЧЕНКО
майдан Свободи 4, м. Харків, 61022

Рецензія

офіційного рецензента, кандидата фізико-математичних наук, доцента кафедри фізики ядра та високих енергій імені О.І. Ахієзера, Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна Щуся Олександра Пилиповича на дисертаційну роботу Улибкіна Олександра Леонідовича «Емісійний внутрішньозонний детектор нейтронів на основі металевого гафнію», подану на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 10 – «Природничі науки» за спеціальністю 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали».

Обґрунтування вибору теми дослідження.

Дисертація Улибкіна О. Л. присвячена вирішенню проблем підвищення рівня безпеки експлуатації ядерних установок шляхом впровадження вдосконалених методів і засобів контролю нейтронно-фізичних характеристик активних зон ядерних реакторів типу ВВЕР-1000.

У реакторі ВВЕР лінійне енерговиділення твелів (Вт/см) є важливим експлуатаційним показником безпеки і надійності експлуатації палива. Лінійне енерговиділення визначає й інші важливі показники енергонапруженості палива в активній зоні: питоме енерговиділення в паливі (Вт/см^3) і густину теплового потоку з поверхні твела (Вт/см^2). Для цих цілей в реакторах ВВЕР-1000 використовуються родієві детектори прямого заряду які, на жаль, по принципам своєї роботи є інерційними. Тому й виникає необхідність разом із інерційними детекторами використовувати і такі, що оперативно реагують на будь-які зміни величини густини потоку нейтронів та частоти його коливань. Зважаючи на це, представлена дисертаційна робота Улибкіна О. Л. є актуальною та важливою з точки зору вирішення наявних науково-технічних проблем в ядерно-енергетичному секторі, а також сприяє подальшому науковому розвитку та вдосконаленню методів і засобів систем контролю, зокрема, визначенню нейтронно-фізичних параметрів безпеки ядерних установок.

Загальна характеристика дисертаційної роботи

Дисертаційна робота складається з анотацій українською та англійською мовами, переліку умовних позначень, вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку використаної літератури, який містить 101 найменування, та трьох додатків. Загальний обсяг роботи складає 160 сторінок. Загалом у роботі 43 рисунки та 6 таблиць.

У **вступі** наведено обґрунтування вибору теми, визначено мету й завдання дослідження, його об'єкт та предмет, методи дослідження, розкрито наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, зазначено особистий внесок здобувача при виконанні дослідження, наведено перелік наукових публікацій за темою дисертації та інформацію стосовно апробації матеріалів дисертації, встановлено зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами.

У **першому розділі** розглянуто проблему використання нейтронних детекторів із затримкою сигналу в активних зонах реакторів. Зроблено оцінку часу затримки родієвого бета-емісійного детектора у разі різкої зміни величини потоку нейтронів. Робиться висновок про те, що за сучасних вимог щодо підвищення рівня безпеки та економічності реактора використання тільки інерційних родієвих детекторів прямого заряду (ДПЗ) є недостатнім з точки зору безпеки. Пропонується разом із інерційними детекторами використовувати нейтронні детектори без затримки сигналу з емітером із металевого Hf.

У **другому розділі** дисертації приведені критерії вибору матеріалів, які можуть бути використані в якості емітера внутрішньозонних детекторів, розглянуті фізичні процеси, що забезпечують роботу безінерційних детекторів нейтронів; описана модель детектора, для якої були проведені розрахунки генерації електронів з використанням комп'ютерного коду, що базується на методі Монте-Карло.

У **третьому розділі** увагу зосереджено на властивостях металевого Hf, що пов'язані з модифікацією його нуклідного складу в результаті опромінення нейтронами; детально розглянуто, як процес появи ізомерів впливає на динаміку нуклідних перетворень Hf; проведено порівняння з іншими потенційними кандидатами на роль матеріалу емітера: Cd, Co, Er та Pt. Зроблено висновок, що за таких критеріїв, як поглинаюча здатність матеріалу емітера та його наведена активність, найбільш вигідними кандидатами на роль матеріалу емітера комптонівського нейтронного детектора є Hf та Pt.

У **четвертому розділі** показано що реакторні фотони мають найбільшу

долю в сумарному γ - випромінюванні, що діє на детектор і інтенсивність генерації електричного заряду детектора (вихідний сигнал детектора) головним чином визначається фотонами реакторного походження.

У висновках стисло наведено основні результати, які повністю відповідають змісту роботи.

Список використаних джерел містить посилання на відповідні літературні та власні публікації за темою дисертації. До кожного розділу також наведено висновки, які підсумовують основні положення. Усе це вказує на завершеність дисертаційної роботи.

Наукова новизна результатів дослідження полягає у наступних основних результатах:

для гафнію природного складу показано, що наявні в його ланцюгу перетворень ізомери майже не впливають на динаміку нуклідних трансформацій;

продемонстровано, що наявність балансу перерізів реакцій (n, γ) радіаційного поглинання нейтронів та концентрацій ізотопів із ланцюга перетворень є надзвичайно важливим з точки зору збереження поглинаючих властивостей, а також з позицій результуючої наведеної активності;

наведено спосіб, що дозволяє окремо вивчити роль матеріалу емітера у процесі формування відгуку внутрішньозонного безінерційного нейтронного детектора. Це реалізовано за допомогою комп'ютерного коду MCNPX.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Аналіз тексту дисертації та змісту публікацій Улибкіна О.Л. дає змогу зробити висновок, що результати є науково обґрунтованими, достовірними та відповідають меті та завданням дисертаційної роботи. Достовірність та обґрунтованість наукових результатів і висновків дисертаційної праці не викликають сумнівів і забезпечується високим рівнем апробації та наукових видань, у яких опубліковано результати дослідження.

Апробація та публікації.

Основні результати роботи оприлюднені та обговорені **на 9 конференціях:**

12-а Міжнародна науково-технічна конференція молодих вчених та фахівців «Проблеми сучасної ядерної енергетики» (Харків, Україна, 16–18 листопада 2016 р.); 11-а Міжнародна конференція «Ядерна та радіаційна фізика» (Алмати, Республіка Казахстан, 12–15 вересня 2017 р.); 4-а Міжнародна конференція «Високочисті матеріали: отримання, застосування, властивості» (Харків, Україна, 12–15 вересня 2017 р.); 13-а Міжнародна науково-технічна конференція молодих вчених та фахівців «Проблеми сучасної ядерної енергетики» (Харків, Україна, 18–20 жовтня 2017 р.); 14-а Міжнародна науково-технічна конференція молодих вчених та фахівців «Проблеми сучасної ядерної енергетики» (Харків, Україна, 14–16 листопада 2018 р.); 5-а Міжнародна конференція «Високочисті матеріали: отримання, застосування, властивості» (Харків, Україна, 10–13 вересня 2019 р.); 15-а Міжнародна науково-технічна конференція молодих вчених та фахівців «Проблеми сучасної ядерної енергетики» (Харків, Україна, 10–13 листопада 2019 р.); 6-а Міжнародна конференція «Високочисті матеріали: отримання, застосування, властивості» (Харків, Україна, 13–15 вересня 2021 р.); 29-а щорічна наукова конференція Інституту ядерних досліджень НАН України (Київ 26–30 вересня 2022 р.)

Результати дисертації повністю висвітлено в **7 наукових статтях** у фахових виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз Scopus та Web of Science.

Оформлення дисертації та академічна доброчесність.

Оформлення, зміст, структура дисертації та кількість публікацій **відповідають вимогам** «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (постанова Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. № 44) та наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. №40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації».

На підставі детального розгляду тексту дисертації, посилань, статей здобувача та протоколу контролю оригінальності (перевірку можливої наявності текстових запозичень виконано в інтернет-системі Strikeplagiarism.com) встановлено, що дисертаційна робота **виконана самостійно**, текст дисертації **не містить плагіату**, а дисертація **відповідає усім вимогам академічної доброчесності**.

Наукове, теоретичне та практичне значення результатів дисертації.

У рамках дисертаційної роботи були отримані результати які демонструють що металевий Hf може бути використаний як матеріал комптонівського детектора для активної зони реактора ВВЕР-1000. Також значно розширено відомості про зміну ядерно-фізичних властивостей гафнію під опроміненням.

Результати, отримані в рамках дисертації, використовуються як основа для розробки внутрішньозонного безінерційного комптонівського детектора в ННЦ ХФТІ. Запропоновані у роботі підходи можуть бути використані для дослідження поведінки будь-якого матеріалу, для якого необхідно дослідити поведінку відгуку на вплив іонізуючого опромінення.

Оцінка змісту дисертації та її завершеності.

В цілому, дисертація О.Л. Улибкіна є завершеною науково-дослідною роботою, у якій комплексно вирішено задачу використання металевого гафнію в якості емітера для внутрішньозонних безінерційних комптонівських детекторів та з'ясовано особливості поведінки роботи таких детекторів в умовах активної зони реактора ВВЕР-1000. Результати досліджень повністю висвітлені в наукових публікаціях, матеріалах конференцій та відображені в змісті дисертації.

Дискусійні положення та зауваження до змісту дисертації

1. Не зовсім коректно визначено об'єкт дослідження дисертаційної роботи.
2. Чому в роботі оминаються питання щодо чутливості наведеного детектора до нейтронного та гама-випромінювання?
3. В деяких випадках рисунки описані дуже стисло (наприклад, рис. 3.14, 3.15, 3.16), що затрудняє розуміння отриманих автором результатів.
4. В роботі зустрічаються деякі термінологічні вади та русизми.

Зауваження та питання, що виникли при розгляді дисертації, ніяк не зменшують важливість отриманих результатів та не впливають на загальну позитивну оцінку роботи.

Загальні висновки

За своєю спрямованістю та змістом дисертаційна робота повністю відповідає спеціальності 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали» галузі знань 10 – «Природничі науки», а також повністю відповідає «Порядку присудження ступеня

доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (постанова Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. № 44) та наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. №40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації».

Вважаю, що Улибкін Олександр Леонідович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 10 – «Природничі науки» за спеціальністю 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали».

Офіційний рецензент,
кандидат фізико-математичних наук,
доцент кафедри фізики ядра та
високих енергій імені О.І. Ахієзера,
Харківського національного
університету імені В.Н. Каразіна

Олександр ЩУСЬ

Онлайн сервіс створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

ПРОТОКОЛ
створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 22:06:40 04.08.2024

Назва файлу з підписом: Рецензія Щусь_corrected.docx.asice
Розмір файлу з підписом: 36.1 КБ

Перевірені файли:
Назва файлу без підпису: Рецензія Щусь_corrected.docx
Розмір файлу без підпису: 31.7 КБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: ЩУСЬ ОЛЕКСАНДР ПИЛИПОВИЧ
П.І.Б.: ЩУСЬ ОЛЕКСАНДР ПИЛИПОВИЧ
Країна: Україна
РНОКПП: 1747200497
Організація (установа): ФІЗИЧНА ОСОБА
Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 22:06:40 04.08.2024
Сертифікат виданий: АЦСК АТ КБ «ПРИВАТБАНК»
Серійний номер: 248197DDFAB977E504000000ACF31401F8CD5104
Алгоритм підпису: ДСТУ 4145
Тип підпису: Удосконалений
Тип контейнера: Підпис та дані в архіві (розширений) (ASiC-E)
Формат підпису: З повними даними для перевірки (XAdES-B-LT)
Сертифікат: Кваліфікований

Версія від: 2024.04.15 13:00