

## **ВИСНОВОК**

наукових керівників щодо виконання  
індивідуального плану освітньо-наукової програми та роботи над  
дисертацією **Улибкіна Олександра Леонідовича**  
**«Емісійний внутрішньозонний детектор нейтронів на основі  
металевого гафнію»,**  
яка подається на здобуття ступеня доктора філософії  
з галузі знань 10 – Природничі науки  
за спеціальністю 105 – Прикладна фізика та наноматеріали

Робота Олександра Леонідовича Улибкіна за темою дисертації почалась з оцінки основних тенденцій світової атомної енергетики. Завдяки ініціативності та наполегливості, було опрацьовано величезний об'єм літературних джерел, також аспірантом було проведено ряд попередніх якісних оцінок. В результаті аналізу відкритих джерел, аспірантом було з'ясовано, що сучасні способи підвищення економічності ядерного реактора головним чином призводять до збільшення потужності та радіаційного навантаження на матеріали, що використовуються в активній зоні. Але, разом із цим, виявилось, що кожний наступний проект реактора зазвичай має кращі показники безпеки експлуатації. То ж основні тенденції насправді можна описати, як "одночасне підвищення показників економічності та безпеки". Також виявилось, що такі тенденції цілком застосовні не тільки для нових проектів, а ще й для тих реакторів, що вже перебувають в експлуатації (наприклад, т.з. проект ІНПРО). Виключенням також не є і реактори типу ВВЕР – збільшення рівня збагачення U-235, постійне подовження строків експлуатації певних компонентів активної зони, зменшення коефіцієнтів запасу енерговиділення – це лише основні заходи щодо досягнення більшої вигоди експлуатації реактора.

З огляду на зазначені тенденції, аспірант прийшов до висновку, що відповідальність вимірювальних систем має суттєво зростати з метою оперативного забезпечення всіма необхідними даними. Принаймні, це стосується певних режимів роботи ядерного реактора. З'ясувалось, що поточні інерційні  $\beta$ -емісійні детектори навряд чи зможуть це забезпечити, тому разом з ними треба використовувати ще й детектори, яким не властива затримка сигналу. Власне, ця ідея не є новою, і пропонувалась раніше, але конкретно дана дисертаційна робота присвячена розгляду можливості застосування такого детектора саме в реакторі ВВЕР-1000. У якості матеріалу такого детектора обрано Hf природного складу. Можливість використання цього металу у якості нейтронно-чутливої частини безінерційного (комптонівського)

детектора для активної зони ВВЕР була запропонована раніше групою співавторів аспіранта (Б.А. Шиляєв, К.В. Ковтун, В.Є. Кутній, О.В. Рибка), і в даній роботі отримала суттєвий розвиток.

З метою з'ясування передумов затримки сигналу, О.Л. Улибкін запропонував розглянути особливості формування сигналу  $\beta$ -емісійного детектора нейтронів, та успішно це реалізував на прикладі задачі. Це показало, що застосування безінерційного детектора разом із  $\beta$ -емісійним є доцільним у певних режимах роботи реактора.

Для Hf скомпоновано ланцюжок перетворень нуклідів та розраховано їх концентрації. Дисертантом також було розраховано зміну здатності поглинання нейтронів із часом для умов активної зони ВВЕР-1000.

З огляду на існування комптонівського детектора з емітером із  $\text{HfO}_2$ , перед аспірантом виникла задача розглянути ефективність використання даного оксиду у порівнянні із металевим Hf. В результаті з'ясувалось, що для умов зони ВВЕР-1000 використання комптонівського детектора з емітером із  $\text{HfO}_2$  не є доцільним.

Враховуючи те, що для поточної роботи є можливим застосування аналітичних методів розрахунку нуклідного складу, аспірантом було застосовано математичний апарат для отримання величини мікроскопічного поперечного перерізу  $(n, \gamma)$ -реакції, де враховано, поглинання в тепловому та надтепловому діапазонах енергії нейтронів. Це було реалізовано для Hf, а також для ряду інших металів, із якими треба було провести порівняння. У якості робочих розглядалися умови ВВЕР-1000. З'ясувалось, що в умовах зони зазначеного реактора у Hf та елементів, що присутні у його ланцюгу перетворень, переважає резонансне поглинання.

Ланцюг Hf природного складу є досить складним і розгалуженим та містить цілий ряд специфічних ізомерних (метастабільних) станів (рівнів). Ядра, що мають ізомерні рівні, ведуть себе як радіоактивні – в них є певний період напіврозпаду, і, коли такий рівень розпадається, то ядро випромінює  $\gamma$ -кванти. Ці фотони, як і будь які інші, так само здатні послаблюватись у детекторі та призводити до народження електронів. То ж О.Л. Улибкін запропонував розглянути, чи має явище ізомерії суттєвий вплив на динаміку нуклідних перетворень Hf, що і було зроблено за допомогою розв'язку Бейтмана. Крім цього, аспірант показав позитивний вплив нуклідів Ta і W у зміні властивостей гафнієвого емітера поглинати нейтрони.

Окрім Hf існує цілий ряд матеріалів, що також мають перспективи використання у якості емітера комптонівського нейтронного детектора. З огляду на це, виникла задача комплексного порівняння основних характеристик цих матеріалів. Аспірант О.Л. Улибкін реалізував це через порівняння таких характеристик як: зміна нуклідного складу, зміна здатності



поглинати нейтрони, наведена активність. В рамках цього порівняння аспірантом було скомпоновано ланцюжки перетворення для всіх металів та виявлено, що збереження поглинаючих властивостей, а також відносно невисока наведена активність властива тим металам, у яких більшість нуклідів знаходяться у неперервній послідовності, а концентрації цих нуклідів та величини поперечних перерізів мають близькі величини.

З огляду на те, що для адекватної оцінки відгуку детектора треба підраховувати генерацію електронів в детекторі, які мають абсолютно різні передумови своєї появи та різні початкові координати, було вирішено застосувати код MCNPX. У такому коді є можливість точно задати всі вихідні умови, а також відслідкувати історії всіх частинок, які представляють інтерес з точки зору функціонування комптонівського нейтронного детектора.

Варто зазначити, що на момент виникнення задачі із застосуванням коду MCNPX, О.Л. Улибкін ще не мав досвіду використання зазначеного інструменту. Але завдяки старанності, комунікабельності та здатності до швидкого навчання, аспірант освоїв необхідний об'єм знань та разом із співавторами розробив комп'ютерну модель, за допомогою якої можна відокремити роль матеріалу емітера у генерації електричного заряду на тлі впливу реакторних потоків  $n$  і  $\gamma$ .

За допомогою скомпонованої моделі аспірантом самостійно було розраховано потоки всіх випромінювань, що визначають роботу детектора, а також показано, як буде змінюватись роль емітера із часом в плані інтенсивності утворення потоків фотонів та електронів.

Під час навчання в аспірантурі О.Л. Улибкін набув ряд фахових навичок, необхідних для науково-дослідницької діяльності. Серед них здатність до проведення досліджень на відповідному рівні, самостійної постановки та творчого розв'язання наукових завдань, навички підготовки та виконання науково-дослідних проектів та робіт, планування, проектування та виконання експериментів, знання сучасного стану, тенденцій розвитку і нових наукових досягнень в галузі фізики, розуміння сучасних фізичних теорій і методів, спроможність до їхнього аналізу та ефективного застосування в практичній виробничій діяльності та при проведенні досліджень.

Все зазначене є підставою стверджувати, що О.Л. Улибкін вже може ефективно працювати в області розв'язання комплексних задач та проблем в галузі прикладної фізики, підготовлений для здійснення в цій галузі дослідницько-інноваційної діяльності.

Під час навчання в аспірантурі та роботі над дисертацією О.Л. Улибкін проявив себе дисциплінованим, вдумливим та працьовитим дослідником, що поєднує здатність до аналітичної інтелектуальної роботи.

Підготовлена О.Л. Улибкіним дисертаційна робота є самостійним, завершеним науковим дослідженням належного теоретичного та практичного рівня, в якому отримано нові науково обґрунтовані результати, що у сукупності вирішують одну із важливих задач прикладної фізики та наноматеріалів, пов'язану із дослідженням матеріалів, що мають перспективи використання у якості емітера комптонівського (безінерційного) внутрішньозонного детектора нейтронів в умовах активної зони реактора ВВЕР-1000. Висновки, які було сформульовано аспірантом, – обґрунтовані, достовірні, та мають вагоме теоретичне та практичне значення.

Вважаю, що наукова складова індивідуального плану роботи аспіранта Олександра Леонідовича Улибкіна виконана повністю та на достатньому рівні.

Наукові керівники:

Кандидат фіз.-мат. наук, Доц. каф. фізики  
ядра та високих енергій ім. О.І. Ахієзера

Кузнєцов П.Е.

Доктор фіз.-мат. наук, Старший науковий  
співробітник Лабораторії проектування  
активних зон НТК ЯПЦ ННЦ ХФТІ

Ганн В.В.

В.О. Начальник відділу  
кадрів

ПІДПИС ЗАСВІДЧУЮ  
ВІДДІЛ  
КАДРІВ

В.О. Мозина Лега

Онлайн сервіс створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

ПРОТОКОЛ  
створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 09:42:58 10.04.2024

Назва файлу з підписом: відгук\_керівника.docx.asice  
Розмір файлу з підписом: 39.4 КБ

Перевірені файли:  
Назва файлу без підпису: відгук\_керівника.docx  
Розмір файлу без підпису: 35.6 КБ

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

Підписувач: ГАНН ВОЛОДИМИР ВАСИЛЬОВИЧ  
П.І.Б.: ГАНН ВОЛОДИМИР ВАСИЛЬОВИЧ  
Країна: Україна  
РНОКПП: 1527902010  
Організація (установа): ФІЗИЧНА ОСОБА  
Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 11:42:56  
10.04.2024  
Сертифікат виданий: КНЕДП АЦСК АТ КБ "ПРИВАТБАНК"  
Серійний номер: 5E984D526F82F38F0400000951D5B019EA00205  
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: 2024.04.04 13:00