

ВІДГУК

офіційного опонента Пилипенка Миколи Миколайовича
на дисертаційну роботу Чернова Ігоря Олександровича
**«Розробка складнооксидних сполук нейтронопоглинаючих матеріалів на основі
диспрозію для поглинаючих елементів реактора ВВЕР-1000»**,
яку представлено на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 105 – Прикладна фізика та наноматеріали

Актуальність теми

На сьогодні вкрай актуальною і комплексною проблемою безпеки реакторних блоків АЕС України є диверсифікація ядерного палива для водо-водяних енергетичних реакторів (ВВЕР-1000). Невід'ємною частиною ядерного палива є нейтронопоглинаючі матеріали та створені на їх основі елементи управління та захисту реактора, які є своєрідним кермом реактора. Основними елементами управління та захисту реакторів ВВЕР-1000 є поглинаючі стрижні системи управління та захисту (далі – ПС СУЗ). ПС СУЗ виконують захисні і керуючі функції в залежності від їх розташування в активній зоні реактора і призначені для швидкого припинення ядерної реакції в активній зоні реактора, підтримки його потужності на заданому рівні, її переходу з одного рівня на інший, вирівнювання поля енерговиділення по висоті активної зони, попередження і придушення ксенонових коливань. Основними елементами активної зони реакторних установок ВВЕР-1000 є як ядерне паливо (ТВЗ) так і ПС СУЗ. До цього часу у світі крім росії ні одна країна не розробляла і не виробляла ПС СУЗ для реакторів ВВЕР-1000. Після початку повномасштабного вторгнення РФ в Україну отримувати ПС СУЗ для українських реакторів ВВЕР-1000 з росії стало неможливо.

На сьогодні в реакторах ВВЕР-1000 як нейтронопоглинаючі матеріали застосовується карбід бору (B_4C) та титанат диспрозію ($Dy_2O_3 \cdot TiO_2$) що герметично розташовані в оболонках поглинаючих елементів (ПЕЛ). Актуальність та важливість результатів досліджень пов'язана з запитом на вітчизняну розробку ядерного палива (ТВЗ) в склад якого входять ПЕЛ.

Впровадження результатів дасть можливість отримати науково-технічний досвід, практичні результати з технології виготовлення твелу та експериментальні

методики для подальшої розробки вітчизняної конструкції і технології виготовлення ПЕЛ для реакторних установок ВВЕР-1000 АЕС України.

У дисертаційній роботі поставлена науково-технічна задача по встановленню параметрів технологічних операцій виготовлення нейтронопоглинаючих матеріалів для створення технології синтезу та отриманню титанату диспрозію і гафнату диспрозію в порошковій і таблеткових формах та обґрунтування їх працездатності в умовах реактора ВВЕР-1000.

Здобувач брав участь у роботах пов'язаних з тематичним планом НТК ЯПЦ, хоздоговірними роботами з ДП "НАЕК "Енергоатом" та роботами в рамках тематичного плану НАН України в тому числі проєктів науково-дослідницьких робіт молодих вчених, в яких здобувач був відповідальним виконавцем:

1) «Матеріалознавчі дослідження та розрахункові обґрунтування застосування конструкційних, нейтронно-поглинаючих та ядерних матеріалів у перспективних ядерних паливних циклах України». етап 1, 2016 р., шифр теми III-16 (НТК ЯПЦ), № д/р 0116U007187;

2) «Дослідження в обґрунтування вибору шляхів підвищення надійності та безпеки паливних, поглинаючих та конструкційних елементів активної зони реакторів ВВЕР», шифр теми № X-4-3, № д/р 0111U008537;

3) «Розробка технологічних процесів виготовлення таблеткових варіантів ПЕЛ ПС СУЗ з підвищеними характеристиками терміну служби з використанням вітчизняної сировини і технологій виготовлення матеріалів які освоєні на підприємствах України. №д/р 0123U100831;

4) «Розробка процесів виготовлення нейтронопоглинаючого матеріалу на основі гафнату диспрозію та дослідження його властивостей для застосування у ПС СУЗ підвищеної працездатності українських реакторів» (№д/р 0113U005697);

5) «Дослідження в обґрунтування розробки процесів виготовлення гафнату диспрозію як поглиначи нейтронів у вигляді гранул» (№д/р 0115U003898);

6) «Дослідження особливостей формування різнорідних віброущільнених сердечників елементів активних зон ядерних реакторів». (№ д/р 0119U102494).

7) «Створення новітніх нейтронно-поглинаючих матеріалів для стрижнів системи управління і захисту з підвищеним ресурсом» №д/р 0123U102776.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі.

Положення та висновки, наведені в дисертаційній роботі Чернова І.О. в достатній мірі обґрунтовані як з наукового, так і з технічного поглядів. Обґрунтованість отриманих у роботі наукових положень, висновків і рекомендацій базується на результатах матеріалознавчих досліджень структурно-фазового стану синтезованих матеріалів на основі диспрозію, визначенні характеристик таблеток та порошкових засипок в оболонках поглинаючих елементах, результатах випробуваннях і розрахунків як обґрунтування їх працездатності при роботі в реакторі ВВЕР-1000.

Достовірність результатів досліджень.

Достовірність результатів теоретичних досліджень підтверджується результатами відповідних експериментальних досліджень.

Наукові результати застосовані при створенні технології виготовлення поглинаючих стрижнів системи управління і захисту реактору ВВЕР-1000. Технологічні операції по виготовленню титанату диспрозію і поглинаючих елементів впроваджено у виробництво. Виготовлено дослідні партії поглинаючих стрижнів системи управління і захисту і поставлено в дослідно-промислову експлуатацію в реактора ВВЕР-1000 Рівненської АЕС.

До основних нових наукових результатів дисертації слід віднести наступне:

- отримали розвиток уявлення про твердофазний синтез складно оксидних сполук диспрозію з титанатом та гафнієм в залежності від розміру часток вихідних оксидів.
- вдосконалено процеси та режими синтезу і виготовлення таблеток з контрольованих структурно-фазовим станом та іншими важливими характеристиками;
- вперше досліджено вплив густини таблеток (пористості) на кінетику корозійної взаємодії таблеток титанату диспрозію і гафнату диспрозію в модельному середовищі реактора ВЕР-1000;
- вперше досліджено вплив гранулометричних складів порошків титанату диспрозію і гафнату диспрозію на їх ущільнюваність в оболонках поглинаючих

елементів.

Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання.

Практична цінність полягає у використанні результатів досліджень:

- 1) на Відокремленому Підприємстві «Атоменергомаш» ДП «НАЕК «Енергоатом», (м. Енергодар);
- 2) в Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» (м. Харків) при розробці і впровадженні в навчальний процес кафедри фізики металів та напівпровідників.

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.

Результати досліджень опубліковані у 25 роботах, серед яких: 10 статей у наукових фахових виданнях України, 3 статті у закордонних періодичних фахових виданнях, 7 статей у міжнародній наукометричній базі Scopus і Web of Science, 2 патенти України на винахід, 10 тезисів у матеріалах міжнародних конференцій.

Участь здобувача у роботах, що опубліковані у співавторстві зазначена у дисертаційній роботі.

Опубліковані матеріали повністю відображають зміст дисертації та відповідають вимогам пункту 8 Постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» від 12 січня 2022 р. №44.

Оцінка змісту дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота Чернова І. О. складається зі вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел, 4 додатків.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, показана її наукова і практична цінність, сформульовані мета і задачі дослідження, які необхідно вирішити для її досягнення, описано зв'язок дисертації з науковими планами та темами, приведена апробація дисертаційної роботи і публікації.

У першому розділі наведено літературний огляд застосування в поглинаючих елементах водо-водяних енергетичних реакторах нейтронопоглинаючих матеріалів. Наведено деякі експлуатаційні характеристики, характеристики матеріалів у вихідному стані та методи їх виготовлення. Сформульовано постановку завдання.

У другому розділі наведено відомості про характеристики вихідних матеріалів, використане експериментальне обладнання і методики досліджень.

У третьому розділі наведено результати досліджень впливу композиційних складів, розміру часток оксидів титану і гафнію та режимів спікання на структурно-фазовий стан синтезованих нейтронопоглинаючих матеріалів: титанату диспрозію і гафнату диспрозію.

У четвертому розділі, наведено закономірності впливу температурно-часових параметрів синтезу нейтронопоглинаючих матеріалів титанату диспрозію та гафнату диспрозію на структурно-фазовий стан одержуваного матеріалу та створенню матеріалів в порошковій і таблетковій формі методами термомеханічної обробки.

У п'ятому розділі, як обґрунтування працездатності, наведено результати корозійних випробувань порошків і таблеток титанату диспрозію і гафнату диспрозію в модельному середовищі теплоносія реактора ВВЕР-1000, а також сумісності даних матеріалів з оболонкою (сплав 42ХНМ) при перегрівих у водяній парі в інтервалі 800-1200 °С. Наведено аналітичні порівняння фізичної ефективності поглинання нейтронів в умовах реактора ВВЕР-1000.

У шостому розділі показано практичне застосування результатів досліджень на прикладі виготовлення дослідних партій порошків титанату диспрозію та ПЕЛ реактора ВВЕР-1000.

У висновках наведено основні результати дослідження як вирішення висунутих в дисертації завдань. В цілому висновки відповідають вимогам, які висуваються до результатів дисертаційного дослідження на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Список літератури досить широко охоплює предметне поле дослідження, певною мірою відображає опрацювання автором значної кількості джерел в тому іноземних джерел.

Додатки містить інформацію про практичне впровадження результатів дисертації.

Список використаних джерел із 70 найменувань досить повний і включає вітчизняні та закордонні публікації.

Анотація відображає основний зміст дисертації та достатньо повно розкриває

наукові результати та практичну цінність роботи.

Академічна доброчесність.

Порушень академічної доброчесності в дисертації та наукових публікаціях, у яких висвітлені основні наукові результати дисертації, не виявлено.

Усі результати, які винесено автором на захист, отримані самостійно і містяться в опублікованих роботах. У роботах, опублікованих у співавторстві, використані тільки ті ідеї, положення та розрахунки, які є результатом особистих наукових пошуків.

По дисертаційній роботі можна зробити наступні зауваження:

1. Основні технічні результати ґрунтуються на встановлені послідовності технологічних операцій і режимах виготовлення матеріалів з певними характеристиками. Доцільно було б навести порівняння переваг або недоліків розроблених схем виготовлення матеріалів.

2. В підрозділі 5.3 при розгляданні відносної фізичної ефективності поглинання нейтронів титанатом диспрозію і гафнатом диспрозію не означено критерії їх працездатності: час експлуатації або флюєнс нейтронів. Тому не зрозумілим є граничний термін експлуатації поглинаючих елементів з таблетковим наповненням поглинаючого сердечника.

3. За основним текстом дисертації у розділі 6 є матеріали, які можна винести у додатки: в Розділі 6 в яких сформульовано основні вимоги щодо елементного складу, структурно-фазового стану та гранулометричного складу порошків титанату диспрозію згідно розробленим технічним умовам (ТУ).

4. Існують недоліки оформлення матеріалу дисертаційної роботи, за текстом іноді зустрічаються друкарські, пунктуаційні та стилістичні помилки.

Вказані недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної роботи. Дисертація є актуальною і має високу наукову цінність та практичну значущість.

ВИСНОВОК

Дисертаційна робота Чернова Ігоря Олександровича «Розробка складнооксидних сполук нейтронопоглинаючих матеріалів на основі диспрозію для

поглинаючих елементів реактора ВВЕР-1000» за своїм змістом відповідає спеціальності 105 – Прикладна фізика та наноматеріали. Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, яка розв'язує важливу науково-практичну задачу, яка полягає в створенні нейтронопоглинаючих матеріалів: титанату диспрозію і гафнату диспрозію, розробці технологічних операцій їх виготовлення та обґрунтування працездатності матеріалів в умовах роботи реактора ВВЕР-1000.

За актуальністю, ступенем новизни, значимості для науки і практики, за структурою і об'ємом, дисертаційна робота Чернова І.О. «Розробка складнооксидних сполук нейтронопоглинаючих матеріалів на основі диспрозію для поглинаючих елементів реактора ВВЕР-1000» відповідає спеціальності 105 – Прикладна фізика та наноматеріали, відповідає вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії, а саме вимогам пунктів 6, 7, 8 і 9 Постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» від 12 січня 2022 р. №44, а здобувач Чернов Ігор Олександрович заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 105 – Прикладна фізика та наноматеріали з галузі знань 10 – Природничі науки.

Офіційний опонент

Завідувач відділу чистих металів,

металофізики та технологій нових матеріалів

ІНЦ ХФТІ, д.т.н. с.н.с.

Микола ПИЛИПЕНКО



[Handwritten signature]

[Handwritten signature: І.В.Волобуєв]