

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

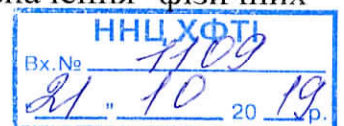
Черніцького Сергія Віцентійовича

«Кінетика нейтронів підкритичного швидкого гібридного реактора та термоядерного джерела нейтронів на основі комбінації стеларатора та відкритої пастки»

представлену на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.21 – радіаційна фізика та ядерна безпека.

Актуальність роботи.

На теперішній час людство переживає період стрімкого споживання енергії, зокрема, електричної, що пов'язано з підвищенням рівня якості життя в країнах, що стрімко розвиваються. З огляду на це постає питання пошуку компромісу між збільшенням обсягів виробництва електроенергії та досягненням прийнятого рівня впливу на довкілля. Теплові електростанції мають ваду, пов'язану з викидом діоксиду вуглецю та супутніх сполук, (оксиди азоту, сірки та ін.). Альтернативні джерела пропонують на тепер надзвичайно високу собівартість, а їх безпечність для довкілля не є достеменно доведеною. Принципи ж одержання енергії від ядерної реакції поділу, не пов'язані з викидами вуглецю, але утворюють радіоактивні відходи, які містять ізотопи з тисячолітніми періодами напіврозпаду. До того ж основний паливний елемент – уран є вичерпним не відновлювальним ресурсом. Генерація на основі термоядерного синтезу досі не знайшла практичного застосування через проблеми утримання плазми. Цілком природньо, що шлях проривного рішення в ядерних технологіях полягає в спробі синтезу існуючих напрацювань. Реалізація такого підходу найбільш доцільна з застосуванням комп'ютерних технологій на основі існуючих професійних кодів, які містять апробовані та верифіковані значення ядерних констант трансуранових елементів. Отже є актуальним застосування математичного та комп'ютерного моделювання для визначення фізичних



властивостей подібних установок. Є актуальним також втілити уже наявні напрацювання в галузі керованого термоядерного синтезу, зокрема застосувати спектр нейтронів, що генерується в плазмі. Тобто актуальність роботи в цілому не викликає жодних сумнівів.

Робота виконана згідно наукових планів організації – місця виконання, про що свідчить відповідний розділ дисертації та автореферату.

Робота містить оглядовий розділ, в якому достатньо ретельно зроблено аналіз стану енергетичних ядерних реакторів в світі з огляду на саме паливний баланс, між ізотопами, які вигорають та утворюють стабільні елементи та радіоактивними відходами, що утворюються в процесі паливної кампанії. Показано, що навіть за умови активної та безпечної експлуатації реакторів на швидких нейтронах, в активній зоні виникатиме дефіцит швидких нейтронів а, відповідно, буде істотний залишок високоактивних радіоактивних відходів. Проаналізовано можливості різноманітних схем реактора на підкритичній збірці, зокрема, керованого прискорювачем заряджених частинок. Дуже актуалізовано зазначено недоліки альтернативної енергетики, основною вадою яких є саме нестабільність генерації, що за умови збільшення їх питомої ваги в загальній системі енергопостачання може призводити до серйозного розбалансування. Всі висловлені міркування дали підставу обґрунтувати мету роботи та її завдання. Дисертаційна робота представляє собою завершену працю, що базується на ретельному огляді літератури за означеною проблемою, чітко сформульованій меті і пов'язаними з нею задачами дослідження, використанні апробованих фізичних та математичних моделей, аналізі одержаних результатів та їх критичному співставленні з результатами інших дослідників.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій.

Для виконання поставленої мети та вирішення відповідних задач були використані відомі уявлення та добре перевірені методи радіаційної фізики, ядерної фізики та числового моделювання. Автор дисертаційної роботи при

моделюванні використовує 3-вимірний комп'ютерний код MCNPX, який методом Монте-Карло вирішує рівняння переносу частинок через речовину. Аналіз літературних джерел свідчить про те, що даний код широко використовується для моделювання та дослідження різних типів реакторів. Це доводить обґрунтованість наукових положень та висновків дисертації.

Результати та висновки модельних досліджень, здобуті автором дисертаційної роботи, добре корелюють з обчисленнями та результатами, одержаних іншими авторами, що доводить їх достовірність.

До найбільш вагомих наукових результатів, вперше одержаних автором, слід віднести наступні:

Запропонована схема компоновки вузлів гібридного реактора для опалювання радіоактивних відходів на основі актиноїдів. Джерелом покриття дефіциту швидких нейтронів в реакторі з підкритичністю на рівні 0.95 запропоновано використовувати стеларатор-пробкотрон. Проведені нейтронні розрахунки і підібрані основні розміри складових частин моделі, щоб забезпечити потрібний ефективний коефіцієнт розмноження нейтронів.

Вирішена задача розрахунку теплових навантажень на надпровідні магніти, зумовлених нейтронним потоком, який виходить за межі системи, яка моделюється. Таким чином було уникнуто проблему забезпечення потрібної конфігурації магнітного поля для підтримки плазми. Запропоновано фізично обґрунтоване рішення для зменшення теплового навантаження на магніти до досягнення енергетичного балансу з позитивним виходом корисної енергії від реактора гібрида.

Була вирішена задача напрацювання достатньої кількості тритію для забезпечення термоядерної реакції. Для цього була розрахована концентрація ${}^6\text{Li}$ у тій частині гібридного реактора, який відтворює тритій. Вперше показано, що у гібридному реакторі компактних розмірів, за рахунок нейтронів у активній зоні реактора, у якому розміщене відпрацьоване ядерне паливо, тритій можливо напрацьовувати у значно більшій кількості, ніж потрібно для самодостатності плазмової частини установки. Напрацювання

тритію є однією з основних вимог для існування та роботи подібного типу установок.

Вивчено розподіл поля швидких нейтронів в реакторі, завантаженому актинідами, що утворюються після паливної кампанії реактора ВВЕР-1000. Розрахунково доведена можливість випалювання трансуранових елементів, які накопичуються у відпрацьованому ядерному паливі у процесі роботи теплових реакторів, а також вперше показана можливість його додаткового (повторного) довипалювання всередині замкненого паливного циклу.

Матеріали дисертаційної роботи доповідались на фахових конференціях і семінарах міжнародного рівня. Результати роботи повністю відображено в 17 наукових працях, в тому числі у 8 статтях, що входять до міжнародної бази Scopus та 9 тезах доповідей на міжнародних наукових конференціях.

Автореферат досить точно відображає зміст дисертації.

Практичне значення роботи полягає у можливості реалізації замкненого паливного циклу, у зменшенні собівартості ядерної енергетики, у можливості вилучення з часом з короткоживучих радіоактивних відходів корисних елементів для галузей промисловості.

Зауваження до тексту та змісту дисертації.

В ході вивчення тексту дисертації були помічені ряд недоліків.

1. Згадуючи про найбільш масштабні ядерні катастрофи, дисертант вказав Три-Майл-Айденд та Чорнобильську АЕС. Було б доречно все ж таки назвати в тексті і аварію на АЕС «Фукусіма-1»

2. Є низка зауважень до української термінології та стилістики. Так автор вживає вираз «в якості», тоді як український правопис передбачає в таких випадках вживання сполучника «як». Термін «дистанціонуюча решітка» вірно перекласти «дистанціонуєча решітка».

3. Є певні описки. Так на стор. 36 вказана щільність «теплого потоку», але судячи з розмірності йдеться про щільність «нейтронного

потоку».

4. В таблиці 1.1 представлені дані станом на 2014 рік, але вже є оновлені дані.

5. В розділі 3.6 під час обговорення механізмів радіаційного пошкодження матеріалів не приділено уваги механізмам еволюції радіаційних дефектів.

Однак вказані недоліки не знижують науково-практичної цінності виконаної дисертаційної роботи і не впливають на її позитивну оцінку.

Дисертаційна робота Черніцького Сергія Віцентійовича виконана на високому науковому рівні і присвячена вирішенню важливої наукової задачі – переробці та зменшенню кількості довгоживучих трансуранових елементів у відпрацьованому ядерному паливі. По актуальності, науковому рівню та практичному значенню одержаних результатів дисертаційна робота Черніцького С.В. «Кінетика нейтронів підкритичного швидкого гібридного реактора та термоядерного джерела нейтронів на основі комбінації стеларатора та відкритої пастки» повністю відповідає вимогам Департаменту атестації кадрів МОН України, зокрема пп. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів».

Вважаю, що Черніцький Сергій Віцентійович, безумовно, заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.21 – радіаційна фізика та ядерна безпека.

Офіційний опонент,
заступник директора з наукової роботи Інституту
електрофізики і радіаційних технологій
НАН України
доктор технічних наук, с.н.с.

Підпис д-ра техн. наук, с.н.с. Литвиненка В.В.
ЗАСВІДЧУЮ
вчений секретар Інституту електрофізики і
радіаційних технологій НАН України



В.В. Литвиненко

А.В. Бабіч