

Відгук отриманий
14.06.2021р.

Назва спеціалізованої
вченої ради ДФ СЧ.051.014

ВІДГУК

Із Володимиром ПАЗУРИК

офіційного опонента, провідного наукового співробітника Інституту електрофізики і радіаційних технологій НАН України, доктора фізико-математичних наук, старшого наукового співробітника Остапчука Павла Миколайовича на дисертаційну роботу Маловиці Максима Сергійовича «Керування потужністю перспективного швидкого реактора, що працює в самопідтримному режимі хвилі ядерного горіння», подану на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 10 – Природничі науки за спеціальністю 105 – Прикладна фізика та наноматеріали

Актуальність дисертаційної роботи

Ядерна енергетика є стратегічно важливим джерелом електроенергії для нашої країни, а в перспективі і для всього світу, оскільки потенційно вона здатна замінити існуючу, головним чином «вогнюву», енергетику та значно зменшити викиди парникових газів у атмосферу при забезпеченні стійкого енергопостачання незалежно від погодних умов. Однак, традиційні ядерні реактори на теплових нейтронах у якості палива фактично використовують ізотоп уран-235, земні запаси якого досить обмежені. Тому перспективними в плані ефективного використання природного урану є реактори-бридери на швидких нейтронах (ШР), в яких має місце ефективне напрацювання ізотопів, що поділяються, для подальшого використання у якості нового ядерного палива.

Найважливішою проблемою ядерної енергетики є забезпечення безпечної роботи АЕС, що у разі використання ШР стає ще більш складною задачею. В цьому контексті розвиток перспективної концепції реактора, що працює в режимі хвилі ядерного горіння (ХЯГ), чому присвячена дисертаційна робота Маловиці М. С., є актуальною задачею, з огляду на принципову можливість одночасного вирішення обох вищезгаданих проблем ядерної енергетики. По-перше, такий реактор є ідеальним реактором-бридером, який фактично використовує у якості палива природній або навіть збіднений уран і не потребує перевантаження палива на протязі всієї реакторної кампанії. А по-друге, властивість «внутрішньої безпеки» реактора є закладеною на рівні самого фізичного явища ХЯГ, тому що в такому реакторі відсутній запас реактивності в кожний момент часу і реактор взагалі не потребує оперативного контролю реактивності.

Задача, яка безпосередньо вирішується в дисертаційній роботі Маловиці М.С., а саме, керування потужністю реактора з ХЯГ, є актуальною темою з точки зору забезпечення можливості регулювання потужності, особливо в умовах наявності в загальних електромережах

значної частки погодозалежних відновлювальних джерел електроенергії, таких як вітрові та сонячні станції. Складність цієї задачі полягає в тому, що традиційна система керування потужністю реактора за допомогою поглинаючих стрижнів передбачає наявність запасу реактивності у системі, в той час як для реактора з ХЯГ відсутність запасу реактивності є одним із принципових моментів, який забезпечує властивість внутрішньої безпеки. Тому вирішення задачі керування потужністю реактора у самопідтримному режимі ХЯГ без втрати його найважливішої властивості внутрішньої безпеки є нетривіальною та актуальною задачею.

Обґрунтованість наукових положень і висновків

Основна частина дисертаційної роботи Маловиці М. С. складається зі вступу та п'яти розділів, які викладені у логічній послідовності та дають змогу оцінити обґрунтованість використаних математичних моделей та отриманих результатів.

У першому розділі роботи здобувачем дано коротке та чітке пояснення фізичного явища ХЯГ, а також проведено аналіз наукової літератури, яка присвячена дослідженню концепції ХЯГ, та коротко описані різні математичні підходи, які використовуються в роботах інших авторів для дослідження ХЯГ.

У другому розділі детально описана математична модель реактора з ХЯГ, яку Маловиця М. С. використовував далі у своїх розрахунках. Йдеться про чисельне розв'язання системи нестационарних рівнянь дифузії нейтронів разом з рівняннями вигорання та рівнянь ядерної кінетики передвісників запізнілих нейтронів у багатогруповому наближенні у двовимірній циліндричній геометрії, а також у наближенні баклінгу. Використання загальноприйнятих підходів фізики ядерних реакторів та методів математичної фізики визначає достатню обґрунтованість розрахункової моделі, яка використовується у дисертаційній роботі.

У третьому розділі Маловиця М. С. описує комплекс комп'ютерних програм FANTENS-2D, який було розроблено на основі обраного та удосконаленого у попередньому розділі математичного підходу для моделювання нестационарних нейтрон-ядерних процесів у ШР з ХЯГ у двовимірній циліндричній геометрії при наявності радіального відбивача нейтронів. Для перевірки здатності комплексу FANTENS-2D моделювати нейтрон-ядерні процеси у реальних системах здобувачем було проведено моделювання параметрів китайського експериментального реактору на швидких нейтронах CEFR. Отримані при цьому результати показали гарне кількісне узгодження з експериментальними даними та результатами розрахунків інших наукових груп.

У четвертому розділі на основі розрахунків з використанням концепції радіального баклінгу проведено пошук оптимального складу зони запалу з метою запобігання надмірному зростанню потужності реактора на стадії започаткування ХЯГ. Отримані в цьому розділі результати дозволили здобувачу розробити сценарій плавного запуску реактора з ХЯГ для

подальшого використання у двовимірній моделі реактора з радіальним відбивачем нейтронів.

У п'ятому розділі наведено результати дослідження можливості керування потужністю реактора з ХЯГ за допомогою зміни ефективності радіального відбивача нейтронів. У першій частині цього розділу проводиться дослідження впливу товщини радіального відбивача нейтронів на потужність ШР у сталому режимі розповсюдження ХЯГ. Результати цього дослідження вказують на можливість керування потужністю такого реактора за допомогою зміни ефективності відбивача нейтронів. Вивчення такої можливості та пошук оптимального методу керування потужністю реактора з ХЯГ проводилось далі шляхом комп'ютерного моделювання перехідних процесів у такому реакторі з використанням розробленого в роботі коду FANTENS-2D при використанні запропонованого здобувачем пропорційно-диференційного алгоритму керування потужністю. Отримані при цьому результати розрахунків підтверджують можливість ефективного керування потужністю реактора з ХЯГ за допомогою радіального відбивача нейтронів змінної ефективності безпосередньо в процесі роботи реактора та без втручання до його активної зони, що є одним з основних наукових результатів дисертаційної роботи.

Наукова новизна дисертаційної роботи

В дисертаційній роботі Малолиці М.С. запропоновано оригінальний метод керування потужністю ШР, що працює в самопідтримному режимі ХЯГ, за допомогою радіального відбивача нейтронів змінної ефективності без втручання в активну зону реактора, що дозволяє зберегти особливий механізм внутрішньої безпеки такого реактора навіть при змінах його потужності. Це зроблено на основі результатів моделювання перехідних процесів у такому реакторі у двовимірній циліндричній геометрії з використанням суттєво удосконаленої дисертантом математичної моделі та комп'ютерного коду FANTENS-2D. Важливим новим результатом проведених в рамках цього підходу досліджень є також оптимізація зони запалу реактора з ХЯГ, яка дозволяє запобігти надмірному зростанню потужності на стадії запуску реактора. Всі отримані у дисертаційній роботі результати є новими і важливими для подальшого розвитку фізики реакторів.

Публікації здобувача

По темі дисертаційної роботи зроблено 3 наукових публікації, дві статті опубліковані в фахових виданнях України та індексовані наукометричними базами Scopus та Web of Science, одна стаття опублікована в журналі, який видається в країні яка входить до ОЕСР та входить до наукометричної бази Scopus. Матеріали дисертаційної роботи було апробовано на 13 всеукраїнських та міжнародних конференціях. Зазначені публікації повністю висвітлюють результати дисертаційної роботи.

Перевірка академічної доброчесності

При аналізі дисертаційної роботи, неправомірних запозичень та ознак порушення академічної доброчесності не виявлено.

Зауваження

1). Виходячи з представлених на Рис. 5.13^в результатів щодо концентрації урану-238 після проходження ХЯГ, вона становить приблизно половину від початкової. Це означає велике значення величини нейтронного флюенсу, принаймні у центральній області активної зони реактора. У зв'язку з цим постає питання стосовно поведінки палива та конструкційних матеріалів активної зони в умовах інтенсивного нейтронного опромінення.

2) Представляє інтерес також дослідження питання щодо впливу температурних ефектів на параметри системи при змінах потужності реактора.

Проте зазначені зауваження не впливають на якість результатів дисертаційної роботи і обґрунтованість наведених здобувачем висновків, а повинні розглядатися як пропозиції для подальших досліджень.

Загальні висновки

Тема і зміст дисертаційної роботи Маловиці М. С. «Керування потужністю перспективного швидкого реактора, що працює в самопідтримному режимі хвилі ядерного горіння» відповідають спеціальності 105 – Прикладна фізика та наноматеріали галузі знань 10 – Природничі науки та відповідають вимогам передбаченими наказом Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. № 40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» та «Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії» (постанова Кабінету Міністрів України від 06 березня 2019 р. № 167 зі змінами, внесеними згідно з постановою Кабінету Міністрів України від 21 жовтня 2020 р. № 979).

Враховуючи, актуальність, обґрунтованість наукових положень і висновків, наукову новизну дисертаційної роботи та дотримання академічної доброчесності вважаю, що Маловиця Максим Сергійович заслуговує на присудження йому ступеня доктора філософії з галузі знань 10 – Природничі науки за спеціальності 105 – прикладна фізика та наноматеріали.

Доктор фізико-математичних наук,
старший науковий співробітник,
провідний науковий співробітник
Інституту електрофізики і
радіаційних технологій НАН України



Павло ОСТАПЧУК

Підпис П. Остапчук
ЗАСВІДЧУЮ
ВЧЕНИЙ СЕКРЕТАР
« 14 » 06

