

Голові разової спеціалізованої вченої ради в
Національному технічному університеті України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря
Сікорського», завідувачу кафедри атомної
енергетики, доктору технічних наук, професору
Валерію Омеляновичу Тузу

ВІДГУК

офіційного опонента **Борисенка Володимира Івановича**,
чл.-кор. НАН України, доктора технічних наук, старшого дослідника,
завідувача відділення атомної енергетики Інституту проблем безпеки АЕС НАН
України, доцента кафедри ядерної фізики та високих енергій фізичного
факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка
на дисертаційну роботу **Онищука Юрія Анатолійовича** на тему
«Вдосконалення методики розрахунків реакторної установки ВВЕР-1000
шляхом спряження розрахункових засобів», яку подано на здобуття ступеня
доктора філософії з галузі знань 14 «Електрична інженерія»
за спеціальністю 143 – «Атомна енергетика»

Актуальність теми дослідження.

Сучасні методи моделювання є важливими інструментами для аналізу безпеки теплогідравлічних режимів роботи систем та обладнання реакторних установок (РУ). Інтегральні розрахункові коди RELAP5, ATHLET, CATHARE дозволяють створювати теплогідравлічні моделі РУ та проводити дослідження з аналізу їх безпеки. Однак зазначені коди мають обмеження у дослідженні складних тривимірних теплогідравлічних та масообмінних процесів в елементах РУ зі складною геометрією. Такі обмеження можна подолати за допомогою кодів обчислювальної гідродинаміки (CFD-кодів). Тому для забезпечення балансу між необхідним рівнем деталізації явищ та процесів у системах і елементах РУ та обчислювальними затратами, перспективним є спільне використання СТГ- та CFD-кодів.

Тому тематика дисертації, яка присвячена вдосконаленню методики використання спряжених розрахункових засобів і моделей для аналізу безпеки РУ є актуальною.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації

Аналіз змісту дисертаційної роботи та методів дослідження дозволяє стверджувати, що наукові положення, висновки та рекомендації достатньо

обґрунтовані використанням математичного апарату, програмних засобів та розрахункових моделей РУ і її окремих елементів.

Про адекватність та достовірність результатів дослідження теплофізичних процесів свідчить як застосування кодів та моделей які пройшли відповідні процедури з верифікації та валідації, так і належне відтворення параметрів експериментальних досліджень.

Достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджується використанням широкої інформаційної бази за темою дисертації: офіційних документів, нормативно-правових актів, численних наукових публікацій вчених та дослідників та інтернет - джерел.

Наукова новизна одержаних результатів

Зміст дисертаційної роботи свідчить про системний підхід до проведення дослідження, наявність наукових та практичних результатів, висновків і пропозицій, що в сукупності розв'язують важливу наукову проблему, пов'язану з вдосконаленням методики використання спряжених розрахункових засобів і моделей для аналізу безпеки РУ.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. Розвинуто теорію спряженого розрахункового моделювання теплогідравлічних процесів зі застосуванням системних теплогідравлічних кодів і кодів обчислювальної гідродинаміки;

2. Виявлено відсутність гідравлічного удару у проточній частині ГЦН-195М при аварійному процесі, що пов'язаний із заклинюванням валу. Встановлено, що основний вплив на внутрішню поверхню ралика ГЦН здійснює фронт обертової хвилі тиску, спричиненої перебудовою потоку теплоносія та переходом кінетичної енергії потоку в потенційну енергію рідини;

3. Запропоновано підхід для вирішення геометрично та теплофізично складних нестационарних задач з оцінки граничних умов на зовнішній поверхні корпусу реактору та верхнього блоку РУ з ВВЕР шляхом спряження системного теплогідравлічного коду, методів обчислювальної гідродинаміки та аналітичних методів;

4. Визначено та обґрунтовано комбінації замикаючих моделей випромінювання і турбулентності, що забезпечує коректне моделювання складного теплообміну за допомогою розрахункового коду ANSYS CFX;

5. Проведено оцінку граничних умов на зовнішній поверхні верхнього блоку та корпусу реактора ВВЕР в стаціонарних та перехідних режимах, що надає як якісні, так і кількісні характеристики для аналізу крихкої міцності та завдань з оцінки можливості продовження терміну експлуатації цих елементів.

Отримані в ході дисертаційного дослідження наукові результати відповідають поставленим завданням і підтверджуються їх апробацією на науково-технічних конференціях і семінарах. Висновки та результати, одержані в результаті роботи, мають обґрунтовану основу, що підтверджується відповідністю результатів, отриманих під час проведення емпіричних та експериментальних досліджень.

Практична цінність дисертаційної роботи і рекомендації

Практична цінність наукових результатів і рекомендацій дисертації полягає у можливості їх застосування для проведення детального аналізу теплофізичних процесів в РУ і її елементах, що є важливим для обґрунтування безпеки як при продовженні терміну експлуатації, так і при проектуванні нових РУ.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Онищука Ю.А повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 143 «Атомна енергетика» та напрямкам досліджень відповідно до освітньо-наукової програми «Атомна енергетика» третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям «Енергетика та енергоефективність».

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Онищука Юрія Анатолійовича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Мова та стиль викладення результатів

Дисертаційна робота написана українською мовою. Матеріал викладено доступною для сприйняття мовою із дотриманням загальноприйнятої термінології та інших характеристик.

Загальна характеристика структури та змісту роботи

Дисертація складається з вступу, 4 розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації 198 сторінок.

У вступі дисертаційної роботи обґрунтовано актуальність теми дослідження, що підкреслює її значимість для сучасної науки. Подано загальну характеристику роботи, включаючи її мету, основні завдання, об'єкт та предмет дослідження. Визначено наукову новизну отриманих результатів та їх практичну

цінність. Окремо представлено інформацію про особистий внесок здобувача в проведенні дослідження, а також про апробацію роботи, її структуру та обсяг.

У першому розділі дисертації проведено критичний огляд сучасного стану досліджень та спряженого моделювання теплогідравлічних процесів у реакторних установках типу ВВЕР. Включено огляд традиційних підходів до моделювання, використовуючи системні теплогідравлічні коди такі як RELAP5, ATHLET, TRACE, та CATHARE. Проаналізовано методи обчислювальної гідродинаміки, основні етапи отримання чисельних рішень та їх застосування для аналізу безпеки РУ. Розділ містить огляд сучасних досліджень, спрямованих на розвиток методів спряження розрахункових засобів моделювання, і класифікацію підходів до теплогідравлічного спряження. Окремо розглянуто стан розробки та застосування спряжених СТГ- і CFD-кодів для теплогідравлічних моделей різної конфігурації та складності.

Другий розділ присвячений вдосконаленню моделювання стаціонарних та перехідних режимів у обладнанні РУ шляхом спряження системного теплогідравлічного коду RELAP5/MOD 3.2 з CFD-кодом ANSYS CFX. У цьому розділі проведено детальний аналіз обраних кодів та їх можливостей для створення ефективних інтерфейсів обміну даними. Розроблено модуль спряження RELAP5/CFX, який забезпечує управління спряженим розрахунком та обробку даних. Описано структуру та основні функції цього модуля, а також представлено схему виконання спряженого розрахунку і процесу обміну даними між RELAP5 та ANSYS CFX.

Третій розділ присвячений розробці спряженого підходу для оцінки можливості виникнення гідравлічного удару у проточній частині головного циркуляційного насосу ГЦН-195М під час перехідного процесу, пов'язаного із заклинюванням валу. У розділі описані небезпеки, що виникають при заклинюванні ГЦН, зокрема можливість виникнення гідравлічного удару. Розроблено CFD-модель проточної частини ГЦН-195М для коду ANSYS CFX, що дозволяє оцінити амплітуду підвищення тиску теплоносія та розподіл поля тиску. На основі отриманих результатів проведено оцінку можливості виникнення гідравлічного удару в проточній частині ГЦН-195М.

Четвертий розділ присвячений моделюванню процесів теплообміну між елементами верхнього блоку та корпусу реактора ВВЕР з охолоджуючим середовищем систем вентиляції TL03 і TL05 за допомогою спряженого підходу. Описано підхід до вирішення завдання, який включає спряження між системним теплогідравлічним кодом, методами обчислювальної гідродинаміки та аналітичними методами. Валідація розробленої процедури проведена на основі експлуатаційних даних енергоблоку з ВВЕР, що підтверджує коректність розрахункової моделі. На основі отриманих експериментальних даних проведено аналіз можливості коректного моделювання складного теплообміну за

допомогою розрахункового коду ANSYS CFX, визначено та обґрунтовано комбінації замикаючих моделей випромінювання і турбулентності. Розрахунки, виконані за допомогою розробленої спряженої процедури, дозволяють оцінити граничні умови на зовнішній поверхні верхнього блоку та корпусу реактора в робочих і перехідних режимах. На основі результатів розрахунків зроблено висновки щодо отриманих результатів.

У висновках наведено наукові та прикладні проблеми аналізу безпеки РУ, що були вирішені в дисертаційній роботі.

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи

Наукові результати дисертації висвітлені у 5 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 3 статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України.

Також результати дисертації були апробовані на 2 наукових фахових конференціях.

Наукові публікації здобувача демонструють високий рівень наукового дослідження. Особистий внесок здобувача в усіх наукових публікаціях є значним і вагомим. Публікації, зараховані за темою дисертації, відображають істотний внесок здобувача у дослідження та підтверджують його компетентність і наукову зрілість.

Наукові результати описані в дисертаційній роботі висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Дискусійні положення та зауваження щодо змісту дисертації

У цілому, дисертація Онищука Ю.А. є актуальною і завершеною науково-дослідницькою роботою, що містить нові результати досліджень з використання спряжених розрахункових засобів і моделей для аналізу безпеки РУ. Разом з тим, слід звернути увагу на окремі положення дисертаційної роботи, що мають дискусійний характер, чи потребують додаткового обґрунтування або пояснень.

Технічні зауваження до змісту дисертації:

1. У першому розділі не в повному обсязі виконано огляд наявної інформації щодо поточного досвіду розробки та застосування спряжених СТГ/CFD розрахункових засобів саме для реакторних установок типу ВВЕР.
2. У роботі недостатньо представлена оцінка достовірності результатів спряжених розрахунків, а саме: варто окрім графічного порівняння вказувати кількісні значення отриманих відхилень.
3. Пояснити чому для номінального режиму роботи ГЦН обрано: витрата 4000 кг/с при температурі 300 °С. (розділ 3).

4. В науковій новизні науково-технічного дослідження необхідно вказати числові показники, що саме було покращено, вдосконалено.
5. Розрахункові або експериментальні дані у графічному і/або табличному виглядах мають супроводжуватися інформацією про невизначеність (похибки) отриманих результатів.

Дотримання вимог до оформлення дисертації

1. Дисертаційна робота містить багато скорочень та аббревіатур по тексту, однак не всі внесені в перелік скорочень, а також прийнято надавати розшифровку скорочення при першому її згадуванні у тексті, що не завжди дотримано у тексті дисертації.
2. Список використаних джерел має бути оформлено в одному з трьох рекомендованих варіантів.
3. Рекомендовано на початку кожного розділу вказувати які завдання дисертаційного дослідження в ньому розглядаються, а наприкінці кожного розділу вказувати в яких наукових працях дисертанта опубліковані представлені у розділі наукові результати.
4. Висновки мають бути узгоджені з поставленими науковими завданнями, а саме який висновок (висновки) на конкретне завдання.

Формулювання, орфографія

с.2. . . . задачі – завдання

с.6. . . . стратегій з аваріями

с.26. Структура та об'єм дисертації

с.27. . . . те - Проте

с.30. *приводить* - призводить

с.31, 33, 34, 37, 42-44, 51, 52, 77, 89, 92 *являються* - є

с.41. у стаціонарних і *перехідних* для – режимах

с.45. з управління аваріями *та* на АЕС

с.71. ГЦН забезпечують *постійну* циркуляцію

с.71. може *привести* до криза теплообміну

с.73. . . . яка для води може бути в широких межах температур

с.75. формула (3.3) – уточнити розмірність

с.95. моделі *мають бути враховувати*

с.104. у місці *контакту* При

с.106 як прямого обміну між *них*

с.132. їх застосуванням в програмних засобів з *ефективних використання* розроблених програмних кодів

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Загальний висновок про відповідність роботи встановленим вимогам

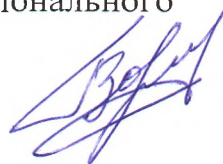
Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Онищука Юрія Анатолійовича на тему «Вдосконалення методики розрахунків реакторної установки ВВЕР-1000 шляхом спряження розрахункових засобів» є цілісним, самостійним, завершеним науковим дослідженням, що вирішує важливе науково-прикладне завдання, має теоретичну і практичну цінність у галузі електричної інженерії. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в пп. 6 – 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Онищук Юрій Анатолійович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 143 «Атомна енергетика».

Офіційний опонент:

чл.-кор. НАН України, доктор технічних наук, старший дослідник,
завідувач відділення атомної енергетики

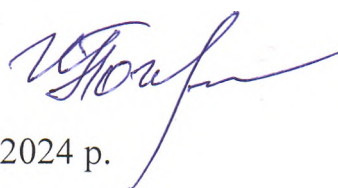
Інституту проблем безпеки АЕС НАН України,
доцент кафедри ядерної фізики та високих енергій
фізичного факультету Київського національного
університету імені Тараса Шевченка



Володимир БОРИСЕНКО

Підпис Борисенка Володимира Івановича засвідчую

Зав. ВК ІПБ АЕС НАН України



Погребняк І.П.

М.П.



26 » серпня 2024 р.