

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу

Онищука Юрія Анатолійовича

на тему «Вдосконалення методики розрахунків реакторної установки
ВВЕР-1000 шляхом спряження розрахункових засобів»,
представлену на здобуття ступеня доктора філософії
в галузі знань 14 «Електрична інженерія»
за спеціальністю 143 «Атомна енергетика»

Актуальність теми дисертації.

Протягом багатьох десятиліть системні теплогідравлічні коди (СТГ-коди), такі як RELAP5, ATHLET, TRACE, CATHARE та інші стали фундаментальними інструментами для моделювання реакцій реакторних установок (РУ) на різноманітні аварійні сценарії та перехідні процеси. Ці коди зазвичай використовують одновимірні рівняння балансу маси, імпульсу та енергії для двофазного потоку, а також включають моделі на основі емпіричних кореляцій.

Хоча СТГ-коди досягли високого рівня точності та реалістичності у прогнозуванні поведінки АЕС при помірних обчислювальних витратах, вони мають обмеження у дослідженні складних тривимірних теплогідравлічних та масообмінних процесів зі складною геометрією та багатофазними потоками. Такі обмеження можна подолати за допомогою кодів обчислювальної гідродинаміки (CFD-коди), які дозволяють аналізувати широкий спектр складних тривимірних явищ, а також реалізують локальні моделі для турбулентності, теплопередачі, багатофазних потоків та хімічних реакцій для геометрії будь-якої складності. Однак такі переваги вимагають значно більших обчислювальних ресурсів у порівнянні зі СТГ-кодами.

Враховуючи наведені особливості, перспективним є спільне використання СТГ- та CFD-кодів для отримання необхідного рівня деталізації явищ та процесів у системах та елементах АЕС. При цьому спряження CFD-моделі з моделлю СТГ-коду дозволить застосовувати накопичений досвід з використання СТГ-кодів у вигляді: використання нодалізаційних схем РУ максимально близьких до тих, що розроблені і верифіковані в даних кодах та застосовуються для аналізу безпеки АЕС, а також використання алгоритмів роботи систем нормальної експлуатації та систем безпеки.

Тому, тематика роботи, яка присвячена подальшому вдосконаленню методики та отриманню спряжених розрахункових засобів і моделей є актуальним завданням, що надасть можливість деталізованого моделювання

теплогідравлічних процесів в окремому обладнанні АЕС чи його локальних частинах з врахуванням зовнішнього впливу з боку РУ при протіканні аварій на АЕС.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

- розвинуто теорію та запропоновано класифікацію наявних підходів до спряженого розрахункового моделювання теплогідравлічних процесів шляхом застосування СТГ-та CFD-кодів;
- розроблено спряжений підхід до оцінки можливості виникнення гідравлічного удару у проточній частині ГЦН-195М при перехідному процесі, пов'язаному з заклинюванням валу;
- виявлено, що гідравлічний удар у проточній частині ГЦН-195М не виникає під час вказаного аварійного перехідного процесу. Підтверджено, що основний вплив на внутрішню поверхню рамп ГЦН здійснює фронт обертової хвилі тиску, яка викликана перебудовою потоку теплоносія в проточній частині ГЦН та переходом кінетичної енергії потоку в потенційну енергію рідини;
- визначено та обґрунтовано комбінації замикаючих моделей випромінювання і турбулентності, та встановлено можливість коректного моделювання складного теплообміну розрахунковим кодом ANSYS CFX;
- розроблено підхід до спряження системного теплогідравлічного коду, методів обчислювальної гідродинаміки і аналітичними методами для завдання з оцінки граничних умов на зовнішній поверхні корпусу реактору та верхнього блоку.

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі атомної енергетики КПІ ім. Ігоря Сікорського під керівництвом доц .каф. атомної енергетики, к.т.н. Клевцова Сергія Валерійовича.

Отримані наукові результати відповідають завданням досліджень та підтверджуються їх апробацією на науково-технічних конференціях і семінарах. Висновки та результати, отримані в ході дисертаційної роботи, мають обґрунтовану основу, що випливає з відповідності результатів, отриманих під час проведення емпіричних та експериментальних досліджень. Результати досліджень є достовірними та були впровадженні у навчальний процес на кафедрі атомної енергетики до складу дисципліни «Аварійні режими та безпека атомних станцій» – лекційне та практичне заняття на тему «Аналіз проектних аварій», а також практичні заняття на тему «Проектні аварії».

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання з вдосконалення методики та отримання спряжених розрахункових моделей для деталізованого моделювання теплогідрравлічних процесів в окремому обладнанні РУ ВВЕР чи його локальних частинах з врахуванням зовнішнього впливу з боку РУ, виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

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, логічно та послідовно, із дотриманням загальноприйнятої термінології та інших характеристик.

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

У вступі обґрунтовано актуальність дослідження та подано загальну характеристику роботи. Сформульовано мету дослідження, визначено основні задачі, об'єкт і предмет дослідження. Наведено наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів. Представлено інформацію про особистий внесок здобувача, апробацію роботи, її структуру та обсяг.

У першому розділі виконано критичний огляд сучасного стану дослідження та спряженого моделювання теплогідрравлічних процесів у реакторних установках типу ВВЕР. Проведено огляд розрахункових методів для моделювання теплогідрравлічних моделей всієї РУ ВВЕР. Описані традиційні підходи до моделювання за допомогою системних теплогідрравлічних кодів, таких як RELAP5, ATHLET, TRACE, CATHARE.

Виконано огляд та аналіз наукової літератури щодо методів обчислювальної гідродинаміки та застосування цих методів для аналізу безпеки АЕС. Проаналізовано сучасний стан досліджень, спрямованих на розвиток методів спряження розрахункових засобів моделювання, та представлено класифікацію підходів щодо теплогідрравлічного спряження.

Другий розділ присвячений підходу щодо вдосконалення моделювання стаціонарних та перехідних режимів у теплогідрравлічному обладнанні шляхом спряження системного теплогідрравлічного коду RELAP5/MOD 3.2 та CFD-коду ANSYS CFX. Проведено аналіз обраних кодів та їх можливостей створення інтерфейсів для обміну даними. Реалізовано спряження за допомогою розробленого модуля спряження RELAP5/CFX, який керує спряженим розрахунком та здійснює обробку даних. Описано структуру, основні функції модуля та результати тестування модулю на різних моделях.

Третій розділ присвячений розробці спряженого підходу до оцінки можливості виникнення гідрравлічного удару у проточній частині головного циркуляційного насосу (ГЦН-195М) при перехідному процесі, пов'язаному з заклинюванням валу. Описано небезпеки, пов'язані із заклинюванням ГЦН, та розроблено модель проточної частини ГЦН-195М для коду ANSYS CFX. Виконано моделювання перехідного процесу із заклинюванням валу ГЦН з застосуванням спряженого підходу та зроблено висновки щодо можливості виникнення гідрравлічного удару.

Четвертий розділ присвячений моделюванню процесів теплообміну між елементами верхнього блоку та корпусу реактору з охолоджуючим середовищем систем вентиляції TL03, TL05 із застосуванням спряженого підходу. Розроблено спряжену розрахункову процедуру, яка реалізує метод скінченних елементів, складний теплообмін та систему балансових рівнянь. Проведено валідацію розробленої процедури на основі експлуатаційних даних енергоблоку АЕС та виконано показові розрахунки для оцінки граничних умов на зовнішній поверхні верхнього блоку і корпусу реактору в різних режимах.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

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.

Публікації здобувача мають високий науковий рівень, проходили рецензування, мають оригінальні висновки, відповідні посилання на запозичені

джерела та не містять порушень принципів академічної доброчесності. Всі публікації, зараховані за темою дисертації, виконані у співавторстві з науковим керівником, що свідчить про високий рівень особистого внеску здобувача у проведенні дослідження.

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

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. У пунктах 2.4.1 - 2.4.3 дисертаційної роботи проводилася оцінка достовірності результатів розрахунків, отриманих в спряженні, шляхом порівняння з результатами автономного розрахунку еквівалентної RELAP5-моделі. Однак, окрім графічної демонстрації в роботі не надано кількісних значень отриманих відхилень. Аналогічне зауваження стосується і пункту 4.5 дисертаційної роботи, в якому приведена валідація спряженої розрахункової процедури на основі даних випробування.

2. У висновках до розділу 3 вказано «Провал середнього за об'ємом при збереженні максимального тиску можна трактувати як підвищення тиску щодо постійної середньооб'ємної величини». Доцільно було б для кращої наочності графіки на рисунках 3.12 (а, б) доповнити даним параметром.

3. Окремі пункти наукової новизни сформульовані здобувачем таким чином, що скоріше відображають практичне значення результатів роботи.

4. Дисертація містить незначні орфографічні, граматичні та стилістичні помилки, однак вони не впливають на розуміння матеріалу.

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.

Висновок про дисертаційну роботу.


Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Онищука Юрія Анатолійовича на тему «Вдосконалення методики розрахунків реакторної установки ВВЕР-1000 шляхом спряження розрахункових засобів» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 14 «Електрична інженерія». Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.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 ступеня доктора філософії в галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 143 «Атомна енергетика».

Рецензент:

доцент кафедри атомної енергетики
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»,
кандидат технічних наук

/  /

Микита ВОРОБІЙОВ

М.П. «12» серпня 2024 року



Підпис к.т.н. М. Воробійова
Засвідчую, директор ННІАТЕ
Євген Писменний

