

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу

Іщенко Олексія Антоновича

на тему «Напружено-деформований стан тонкостінних оболонок реактора ВВЕР-1000 при максимальній проектній аварії»

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань 13 - Механічна інженерія

за спеціальністю 131 – Прикладна механіка

Актуальність теми дисертації.

Значна кількість атомних реакторів III-го покоління мають термін експлуатації більше 30-ти років, тобто перевищили проектний ресурс. Порівняно з атомними реакторами IV-го покоління, вони не мають великої дози опромінення навіть після довготривалої експлуатації. Тому світовою практикою є продовження експлуатації енергоблоків III-го покоління до 60 років при належному обґрунтуванні умов безпечного використання. Таке обґрунтування базується на розрахунках на міцність елементів конструкції енергоблоків з врахуванням впливів проектних аварійних ситуацій. З огляду літератури в першому розділі дисертації наведена класифікація таких аварій і виділення максимальної проектної аварії як такої, що може суттєво вплинути на внутрішньокорпусні пристрої. Аналіз літературних джерел показує, що вплив максимальної проектної аварії на внутрішньокорпусні пристрої реакторів типу ВВЕР-1000 може мати різний характер. В той же час внаслідок особливостей конструкції реакторної установки є імовірність руйнування внутрішньо корпусної шахти, що має форму тонкостінної оболонки.

Оскільки урядом України прийнята концепція «продовження ресурсу» АЕС на противагу до концепції їх закриття, результати роботи дисертації є актуальними для проведення робіт з метою обґрунтування можливості подальшого безпечного використання енергоблоків.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному: здобувач отримав розподіл полів тиску в реакторній установці ВВЕР-1000, який був використаний в якості силових граничних умов у моделі внутрішньокорпусної шахти, що була схематизована як циліндрична оболонка. Використання кінематичних граничних умов, які були застосовані для цієї моделі, підтверджено порівнянням динамічних характеристик із деталізованою

моделлю внутрішньокорпусної шахти. Таким чином, модель дозволяє визначити напружено-деформований стан і провести оцінку небезпечності постульованих тріщин за двокритеріальним підходом у найбільш небезпечних місцях досліджуваного об'єкта. Також побудовані діаграми оцінки можливості руйнування, за якими визначено запаси міцності з урахуванням деградації властивостей матеріалу.

Достовірність наукових результатів забезпечується порівняннями з експериментальними та літературними даними. Обговорення результатів дисертації проведені на багатьох національних та міжнародних конференціях.

Наукові дослідження виконані здобувачем на кафедрі динаміки і міцності машин та опору матеріалів КПІ ім. Ігоря Сікорського в рамках розвитку наукового напрямку «Розробка моделей та критеріїв руйнування елементів конструкцій при складних термосилових навантаженнях з урахуванням ушкоджень». Робота частково підтримана проектом ENEN2plus (HORIZON-EURATOM-2021-NRT-01-13 101061677), заснованим Європейським Союзом», ID гранту: 0000000695.

Поставлене в дисертаційній роботі наукове завдання з оцінки напружено-деформованого стану і обґрунтування цілісності шахти внутрішньо корпусної реактора ВВЕР-1000 як тонкостінної циліндричної оболонки під час перетікання аварійного сценарію за максимальної проектної аварії виконано повністю, а здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

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

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Іщенка О.А. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 131 – Прикладна механіка та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми «Прикладна механіка».

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям «Атомна енергетика».

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Іщенка Олексія Антоновича 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.

Дисертація є логічно структурованою, складається з розділів, що характеризують послідовність викладення результатів досліджень. Графічний матеріал представлено власними матеріалами (фотографіями, скріншотами досліджень і розрахунків), так і графічними ілюстраціями, що дозволяє продемонструвати результати досліджень зручно для розуміння і стисло.

Дисертація складається з вступу, 4-х розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації 177 сторінки.

У вступі здобувач обґрунтував актуальність теми дисертації. Описано стан досліджень з даної тематики у вітчизняній науці та за кордоном, сформульовано задачі дослідження, об'єкт, предмет, методи дослідження, наукова новизна отриманих результатів та їх практичне значення, вказано особистий внесок здобувача, наведена інформація про апробацію результатів роботи і публікації.

У першому розділі розглядається формулювання експлуатаційної безпеки ядерних енергоблоків та впливу максимальної проектної аварії на внутрішньокорпусні пристрої реактора. Здобувач звертає увагу на важливість мінімізації можливих аварійних ситуацій ще на етапі проектування енергоблоків. Виконано аналіз теплофізичних процесів при важких аваріях в реакторах. Вказано на недостатньо вивчені теплофізичні процеси та потребу у подальшому вдосконаленні та розвитку їх оцінки, оскільки особливості перебігу і динаміка таких процесів є суттєво змінними.

Сформульовані проблеми оболонкових конструкцій в реакторних установках, оскільки їхні жорсткість та міцність важливі для забезпечення безпеки ядерних енергоблоків. Зокрема, вказується на важливість аналізу динамічної поведінки оболонок під час можливих аварій, таких як перепад тиску при максимальній проектній аварії. Вказано на зростання кількості наукових публікацій, присвячених коливанням оболонок, що свідчить про актуальність цієї проблематики та постійний науковий інтерес до неї. Зазначається, що розвиток точних теорій оболонок та їх застосування в інженерних задачах є важливим напрямком досліджень у цій галузі. Визначено мету та поставлено задачі дослідження.

Другий розділ присвячено аналізу динамічної поведінки тонкостінних оболонок. У розділі розглядаються різні аспекти динамічної поведінки оболонок, зокрема, вплив кількості ділянок на точність розв'язку, вплив початкових напружень на модальний аналіз конструкцій, поведінка оболонок у різних умовах навантаження та інші. Розглядається вплив кількості ділянок на точність розв'язку. Досліджено вплив використання поліномів другого та

третього ступенів на точність розв'язку. Показано вплив початкових напружень на модальний аналіз конструкцій. Використано метод еквівалентних навантажень для врахування впливу початкових напружень в оболонці. Досліджено вплив кута нахилу бічної поверхні на збіжність розв'язку.

У третьому розділі розглядається комплексний аналіз нестационарних гідродинамічних процесів в ядерних реакторах. Висвітлено проблеми, які виникають при застосуванні традиційних методів моделювання, та запропоновано підхід до оцінки ударних навантажень за допомогою методів обчислювальної гідродинаміки. У роботі розглядаються два типи проблем, які виникають при моделюванні нестационарних гідродинамічних процесів в реакторах. Перший тип проблем пов'язаний із математичним описом фізичних процесів, пов'язаних з інтенсивністю турбулентного потоку. Другий тип проблем пов'язаний з необхідністю оцінки гідродинамічних процесів при таких подіях, як паровий вибух, швидка розгерметизація, гідроудар, та нерівномірність миттєвих локальних полів основних величин. Також в розділі виконана оцінка достовірності результатів моделювання з використанням експериментальних даних та результатів, отриманих на інших відомих моделях.

У четвертому розділі наведені результати дослідження динамічних характеристик та напружено-деформованого стану оболонки внутрішньокорпусної шахти реактора ВВЕР-1000 при максимальній проектній аварії, а саме визначення власних частот коливань оболонки внутрішньокорпусної шахти. Були використані розроблені методи та програмний код в системі MATLAB. Проведена оцінка достовірності розрахункової схеми за допомогою математичної моделі. Для визначення напружено-деформованого стану оболонки внутрішньокорпусної шахти були визначені граничні умови у вигляді жорсткого защемлення та шарнірного опираю. Для розрахунку напружень були використані просторово-часові зміни тиску під час максимальної проектно аварії. Результати розрахунків були використані для оцінки безпеки реактора. Зокрема, були визначені максимальні переміщення оболонки внутрішньокорпусної шахти та її радіальні переміщення на поверхні шахти при дії максимальної проектно аварії. Було показано, що гідроудар при максимальній проектній аварії не може призвести до сильного зближення внутрішньокорпусної шахти до корпусу реактора, тому охолодження активної зони може відбуватись без перекриття зазору корпусом шахти. Сформульовано висновки за результатами роботи.

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 18 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 2 статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 2 статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та Scopus. Результати дисертації апробовані на 14 наукових фахових конференціях.

Це підтверджує достатньо високий рівень наукових публікацій здобувача, в них дотриманий принцип академічної доброчесності, здобувач виконав на достатньому рівні свою роботу у співавторстві.

Таким чином, наукові результати, описані в дисертаційній роботі, повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

В дисертації обмежена вибором лише одного типу реактора (ВВЕР-1000) та одного типу максимальної аварійної ситуації, що може ускладнити узагальнення результатів на інші типи реакторів або аварійні сценарії.

Використані в роботі словосполучення «оцінка тріщини», «оцінка руйнування» не відображають сутнісної наповненості цих оцінок. Наприклад, оцінка тріщини може означати визначення її розміру, типу, причини утворення тощо. Лише з тексту дисертації можна здогадатись, що йдеться про «оцінку небезпечності тріщини» і про «оцінку можливості руйнування».

Вказані зауваження не знижують позитивної оцінки роботи, і можуть розглядатись як рекомендації для подальшої роботи.

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 Іщенка Олексія Антоновича на тему «Напружено-деформований стан тонкостінних оболонок реактора ВВЕР-1000 при максимальній проектній аварії 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 Механічна 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 Іщенко Олексій Антонович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 13 - Механічна інженерія за спеціальністю 131 – Прикладна механіка.

Рецензент:

Професор кафедри
теплової та альтернативної енергетики
Національного технічного
університету України
«Київського політехнічного
інституту імені Ігоря Сікорського»,
доктор технічних наук, професор

