

ВІДГУК

на дисертаційну роботу Кандаля С.М.

«Ресурс елементів внутрішньокорпусних пристроїв реактора ВВЕР-1000 з урахуванням залишкових зварювальних напружень»,

представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії

в галузі знань 13 – Механічна інженерія

за спеціальністю 132 – Матеріалознавство

Актуальність теми дисертації.

Енергоблоки АЕС типу ВВЕР-1000 є одними з основних джерел електрогенерації в Україні. Більшість з них перевищили свій проектний ресурс безпечної експлуатації. Всі зварні з'єднання внутрішньокорпусних пристроїв реактора виготовляються з аустенитної сталі і з'єднуються методом електрошлакового зварювання. До цих елементів відносяться вигородка і внутрішній корпус. Після зварювання пристрої піддаються аустенізації, при якій на стадії охолодження можуть виникати залишкові напруження. Ці напруження можуть впливати на такі ресурсовизначаючі фактори як неприпустимі переміщення вигородки та опір крихкому руйнуванню елементів в процесі експлуатації реактора. Вивчення впливу залишкових напружень в поєднанні з ефектами радіаційного розпухання і повзучості є актуальною проблемою атомної енергетики взагалі і України зокрема.

Метою дисертаційної роботи Кандаля С.М. є розробка розрахункового підходу до прогнозування ресурсу внутрішньокорпусних пристроїв реактора ВВЕР-1000 з урахуванням залишкових технологічних напружень.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірність та новизна.

Наукова новизна результатів полягає в наступному:

1. Розроблено підхід до параметричного опису вхідних даних для розрахунку радіаційного розпухання внутрішньокорпусних елементів реактора ВВЕР-1000. За розробленою методикою розраховано температура, розпухання та переміщення вигородки після 60 років експлуатації.

2. Показано, що внаслідок післязварювальної термічної обробки за режимом аустенізації у вигородці виникають суттєві залишкові напруження.

3. Проведено порівняльний аналіз існуючих моделей радіаційного розпухання і повзучості сталей типу 08X18H10T, які враховують накопичену дозу, температуру та напружений стан, і добре узгоджуються з експериментальними даними.

4. Доведено, що врахування залишкових технологічних напружень дозволяє отримати менші консервативні оцінки опору крихкого руйнування вигородки для зовнішньоповерхневих тріщин.

5. Встановлено, що залишкові технологічні напруження помітно впливають на напружений стан, кінетику зазорів внутрішньокорпусних елементів при

нормальній довгостроковій експлуатації та при аварійних ситуаціях, що дозволяє уточнити прогноз ресурсу їх безпечної експлуатації.

Таким чином, поставлене в дисертації наукове завдання виконано повністю, здобувач проявив високі дослідницькі якості і широкий науковий кругозір.

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

Зміст дисертаційної роботи здобувача Кандаля С.М. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 132 – Матеріалознавство та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми Матеріалознавство.

Дисертаційна робота є завершеною оригінальною науковою працею, яка містить суттєві елементи новизни, має особистий внесок здобувача в дослідження актуальних новітніх проблем механіки деформівного твердого тіла, математичного і чисельного моделювання термомеханічних процесів при зварюванні і післязварювальній обробці.

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

Мова та стиль викладення результатів

Дисертаційна робота написана українською мовою, всі результати досліджень викладені в послідовній логічній і доступній формі. Термінологія, використана у роботі, як правило, відповідає прийнятій в механіці деформівного твердого тіла, а також в теорії і практиці зварювальних робіт.

Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку літератури та двох додатків. Загальний обсяг дисертації 129 сторінок

У вступі наведено перелік основних характеристик дисертації: актуальність теми; мета, об'єкт і методи досліджень; наукова новизна і практична значимість; особистий вклад здобувача, апробації та публікації.

У першому розділі наведений огляд моделей матеріалів і конструктивних елементів реакторів АЕС, а також методів чисельного моделювання термомеханічних процесів при їх обробці і тривалій експлуатації. Описані фізична природа, механізми і моделі радіаційного розпухання і повзучості аустенітних сталей типу 08X18H9T. Розглянуто розрахункові методики оцінки опору крихкому руйнуванню вигородки шахти реактора ВВЕР-1000. Наведено огляд результатів розрахунку залишкових технологічних напружень внутрішньо корпусних елементів після зварювання і термообробки. Проведено порівняння розрахункових результатів з експериментальними даними. Робиться висновок про необхідність дослідження впливу залишкових технологічних напружень на фактори, які визначають довговічність внутрішньокорпусних пристроїв. Виходячи з наведеного огляду сформульована мета досліджень.

У другому розділі дана математична постановка задачі термомеханіки і наведена методика обчислення НДС при зварюванні, термічній обробці і експлуатації елементів. Розроблено новітню методику оцінки ресурсу безпечної експлуатації внутрішньокорпусних елементів реактора ВВЕР-1000.

У третьому розділі на основі запропонованого підходу проведено розрахунки і представлено результати чисельного моделювання термомеханічних процесів при зварюванні, термічній обробці і експлуатації внутрішньокорпусних елементів реактора ВВЕР-1000. Показано, що в процесі аустенізації на стадії охолодження формуються значні залишкові напруження.

Четвертий розділ присвячений дослідженню впливу залишкових напружень на переміщення, НДС і ресурс вигородки при експлуатації до 60 років з врахуванням рівня накопиченої дози. Основний результат досліджень в розділі 4 полягає в тому, що врахування залишкових напружень дозволяє знизити консерватизм при оцінці довговічності вигородки для деяких типів тріщин.

В кінці роботи наведені загальні висновки по результатам досліджень, які відповідають вимогам наукової новизни, наукової і практичної цінності дисертаційної роботи.

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

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи

Наукові результати дисертації висвітлені у 15 наукових публікаціях, серед яких: 7 статей у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 3 статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus.

Результати дисертації були апробовані на 8 наукових фахових конференціях.

В списку публікацій здобувача на тему дисертації є посилання на всі зазначені вище праці. В тексті дисертації робились відповідні посилання. У більшості публікацій особистим внеском автора зазначені проведення чисельних розрахунків та аналіз результатів. Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю представлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. Мають місце термінологічні неточності: замість «рішення задачі» і «розтягуючі напруження» потрібно використовувати «розв'язок (розв'язання) задачі» і «розтягувальні напруження», тощо.

2. Розміри позначень на малюнках занадто малі.

3. Механізм утворення залишкових напружень в процесі аустенізації на стадії охолодження не з'ясовано. Вони можливі тільки при пластичному деформуванні, але в дисертації відсутня інформація щодо пластичних деформацій.

Приведені зауваження не є принциповими і не впливають на загальну концепцію і результати дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Кандаля Степана Михайловича на тему «Ресурс елементів внутрішньокорпусних пристроїв реактора ВВЕР-1000 з урахуванням залишкових зварювальних напружень» 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 атомної енергетики України. 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 Кандаля Степан Михайлович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 13 Механічна інженерія за спеціальністю 132 – Матеріалознавство.

Офіційний опонент:

Головний науковий співробітник
Відділу термодружності
Інституту механіки ім.С.П.Тимошенка
НАН України
Д.ф.-м.н., с.н.с.



Ігор Сенченков

Підпис оф. опонента д.ф.-м.н., с.н.с. І.К.Сенченкова
Засвідчую
Учений секретар
Інституту механіки ім.С.П.Тимошенка
НАН України
Д.т.н.



Юрій Скосаренко

М.П.

« 16 »

2024 року