

ВІДГУК

офіційного опонента про дисертаційну роботу **Сапужака Ярослава Ігоровича**

“Моделі та розрахункові методи оцінювання впливу наводнювання металу на довговічність елементів енергетичного обладнання”,

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань

11 – Математика та статистика за спеціальністю 113 – Прикладна

математика

Актуальність теми дисертаційної роботи.

Атомна енергетика є стратегічною галуззю України, яка виробляє понад 50% електроенергії країни, і цей обсяг має сталу тенденцію до зростання. В Українській атомній енергетиці використовуються парогенератори (ПГ). ПГ є бар'єром (кордоном) між першим радіоактивним контуром і водопаровим середовищем, що має контакт з навколишнім середовищем. Тому надійна робота ПГ є основним завданням в процесі експлуатації АЕС.

Теплообмінні труби (ТОТ) - один з найбільш відповідальних і металомістких елементів, що визначають в останні роки фактичний термін служби ПГ на АЕС. Теплообмінні труби в парогенераторі працюють в жорстких умовах. В процесі експлуатації ПГ має місце зародження і подальший розвиток корозійних дефектів ТОТ парогенератора, що може привести до розгерметизації контуру реакторної установки. Крім того, внаслідок електрохімічних реакцій взаємодії металу ТОТ з парою можливе наводнювання металу.

Враховуючи вищесказане, дисертаційна робота Сапужака Я. І. “Моделі та розрахункові методи оцінювання впливу наводнювання металу на довговічність елементів енергетичного обладнання”, яка присвячена розробленню моделей оцінювання нагромадження пошкодження елементів конструкцій в атомній енергетиці за впливу хлоридовмісного середовища та

наводнювання металу за високотемпературної повзучості, є **актуальною і має велике науково-практичне значення** для прогнозування їх довговічності.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації та їх достовірність.

Загальні висновки дисертації з її науковими положеннями є достатньо обґрунтованими, а їх результати достовірними. Це забезпечено фізично коректною постановкою задачі дифузії водню та задачі повзучості; розв'язанням таких задач з використанням відомих у літературі ефективних математичних методів; узгодженням отриманих автором розв'язків з відомими в літературі результатами, побудованими іншими методами; узгодженням отриманих результатів із експериментальними даними.

Достовірність сформульованих у роботі висновків забезпечується також фізично коректною постановкою задач механіки руйнування, використанням відомих методів їх розв'язування та узгодженням отриманих результатів з фізично очікуваними.

Наукова новизна наукових положень та висновків дисертації полягає у розвитку можливостей оцінювання впливу водню на елементи енергообладнання. Розроблена автором методика оцінювання роботоздатності дає можливість визначати залишковий ресурс з урахуванням різних режимів навантаження, впливу корозійних чинників та водню в короткі терміни. Побудовані аналітичні залежності для визначення міри пошкодження матеріалу дозволяють більш реально визначати довговічність конструкції в цілому.

Наукова новизна дисертації базується на таких запропонованих обґрунтованих та апробованих моделях, методах та методиках:

— на основі сформульованої розрахункової моделі деформування і нагромадження пошкоджень зумовлених сумісною дією водню та

хлоридовмісного середовища у металевих елементах конструкцій, розроблено методику оцінювання їх роботоздатності, яка на відміну від існуючих враховує вплив наводнювання та корозивного середовища на метал;

— за допомогою методу скінченних елементів модифіковано програми для визначення напружено-деформованого стану за повзучості, впливу концентрації водню та корозивного розчину із різним вмістом хлориду магнію для довільної конфігурації елемента у тривимірній постановці;

— проаналізовано НДС ТОТ ПГ з урахуванням наводнювання металу залежно від зміни внутрішнього тиску, товщини ТОТ та вмісту хлориду магнію. Встановлено їх довговічність для різних ПГ на повітрі та у корозивних середовищах.

Повнота викладення наукових положень та висновків.

Результати дисертаційної роботи сповна відображено у наукових публікаціях автора. Викладення матеріалу логічне і послідовне, висновки до розділів і в цілому по дисертації базуються на результатах глибоких теоретичних розробок і всестороннього аналізу. В цілому робота виконана на високому науковому рівні, написана технічно грамотно, досить легко читається та сприймається спеціалістами відповідного профілю.

Дослідження, представлені у дисертації, пройшли достатньо широку апробацію на різного рівня наукових конференціях.

По тексту дисертаційної роботи є наступні зауваження.

1. В розділі 2 викладено методику визначення напружень у деталях різної форми за врахування деформацій повзучості, температури, дифузійних процесів. Така задача є нелінійною і тому достатньо складною для розв'язування. Однак автор в роботі не вказує алгоритм розв'язування

відповідної задачі термовязкопружності, а тільки наводить результати розрахунків.

2. В роботі враховано деформації повзучості та дифузійні процеси. Однак в дисертації розглядались зразки з концентраторами напружень. Біля них слід очікувати виникнення пластичного деформування, яке не враховувалось.

3. У дисертаційній роботі для розв'язування задачі дифузії водню в полі напружень використовується метод скінченних елементів. Варто би було протестувати цей метод на задачах, для яких відомі аналітичні розв'язки і таким чином дослідити його точність.

4. В дисертації є описки. Наприклад, у формулі (2.20), яка описує закон Гука, відсутній коефіцієнт Пуассона.

Вказані недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної роботи.

Загальні висновки. Детальне вивчення та аналіз винесених на захист результатів дають можливість стверджувати, що дисертаційна робота Сапужака Ярослава Ігоровича є завершеним науковим дослідженням, яке присвячене розробленню методів оцінювання впливу водневмісного середовища на елементи конструкцій.

Вважаю, що за актуальністю розглянутих задач, обсягом досліджень, науковим рівнем і практичною цінністю отриманих результатів дисертаційна робота Сапужака Я.І. **«Моделі та розрахункові методи оцінювання впливу наводнювання металу на довговічність елементів енергетичного обладнання»** відповідає вимогам Наказу Міністерства освіти і науки України №40 від 12 січня 2017 р. «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації», і вимогам, передбаченим пунктом 10 «Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії» (Постанова Кабінету Міністрів України № 167 від 6 березня 2019 р.), а її автор

заслуговує на присудження йому ступеня доктора філософії з галузі знань 11
«Математика та статистика» за спеціальністю 113 «Прикладна математика».

Д.т.н., професор, завідувачка
кафедри нафтогазової інженерії та зварювання
Інституту механічної інженерії та транспорту
НУ «Львівська політехніка»

О.В. Максимович

Підписи Максимович О.В.
Вчений секретар Ін-ту «ЛПІ»



завіряю

Брилинський Р. Б.