

ВІДГУК

офіційного опонента про дисертаційну роботу
Гриненка Михайла Васильовича
“Моделювання напружено-деформованого стану та експериментально-розрахунковий метод оцінки опірності руйнуванню теплоенергетичної сталі”,

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії
з галузі знань 11 – Математика та статистика
за спеціальністю 113 – Прикладна математика

Актуальність теми дисертації.

Проблема прогнозування ресурсу конструкції на стадії проектування та під час технологічного і експлуатаційного навантаження є надзвичайно актуальною. Явище накопичення незворотних змін фізико-механічних властивостей в навантажених елементах конструкцій призводить до утворення мікротріщин в місцях накопичення дефектів, постійний розвиток яких веде до їх руйнування. Ключовими параметрами, для розв'язку задачі оцінювання опірності руйнуванню та довговічності при пружно-пластичному деформуванні, є закон накопичення мікропошкоджень, який дозволяє виявити внутрішню структуру процесу руйнування, оцінити залишковий ресурс та пошкодження матеріалу; критерій зародження макротріщини, що визначає строк експлуатації та граничну довговічність; живучість, яка визначає час життя конструкції із вже утвореною макротріщиною. Тому, дисертаційна робота **Гриненка М. В. “Моделювання напружено-деформованого стану та експериментально-розрахунковий метод оцінки опірності руйнуванню теплоенергетичної сталі”**, у якій на основі енергетичного підходу побудована розрахункова модель накопичення пошкоджень та запропоновано експериментально-розрахунковий метод для визначення локальних параметрів напружено-деформованого стану (НДС) за дії складного навантаження і водневмісного експлуатаційного середовища є актуальною і має важливе науково-практичне значення.

Теоретичний аналіз НДС елементів конструкцій за складного навантаження і значних пластичних деформацій досить складний через нелінійний характер деформування в околі концентраторів напружень. Тому його здійснюють, зазвичай, шляхом комп'ютерного моделювання із застосуванням методу скінченних елементів (МСЕ). Коректність розрахунків МСЕ залежить від точності відтворення в моделі геометричної форми та схеми навантаження реального елемента конструкції чи зразка, розбиття моделі на скінченні елементи і закладених у алгоритм розрахунку механічних характеристик матеріалу. Здебільшого програмні комплекси МСЕ містять бази даних механічних характеристик конструкційних матеріалів, визначених за стандартною методикою. Однак для точного

аналізу НДС конструкцій з пружно-пластичних матеріалів за дії зовнішніх навантажень, близьких до критичних (руйнуючих), здобувач використовував у алгоритмі розрахунку графік залежності істинних напружень від деформацій, тобто істинні діаграми деформування. Для їх побудови застосовано безконтактний оптико-цифровий метод вимірювання поверхневих переміщень – цифрову кореляцію зображень (ОЦКЗ). Цей метод дозволив отримати поля розподілу переміщень і деформацій на поверхні об'єкта дослідження, які було порівняно з аналогічними полями, одержаними МСЕ. В основу експериментальних і теоретичних досліджень покладено силові схеми одновісного навантаження модифікованого зразка Бріджмана. Вибір такого зразка дозволив однозначно визначити величину та місце локальної пружно-пластичної деформації, утворення "шийки" та руйнування.

Представлені у роботі дослідження виконані в рамках науково-дослідних тем Фізико-механічного інституту ім. Г. В. Карпенка НАН України згідно з планами Національної академії наук України, в яких дисертант був виконавцем.

Наукова обґрунтованість представлених теоретичних та експериментальних результатів досліджень.

Наведені в дисертації наукові положення, висновки та рекомендації є достовірними та належно обґрунтованими. Для цього автором проведені необхідні теоретичні та експериментальні дослідження.

Автором виконано достатньо широкий аналіз літературних джерел з досліджуваної тематики, в результаті якого визначено основні напрями удосконалення методології оцінювання довговічності елементів енергетичного обладнання за складного навантаження.

Дисертація вміщує достатню кількість розрахункових схем, графічного пояснювального матеріалу, таблиць, опису методики досліджень та експериментального обладнання, що використовувалося для дослідження НДС. При здійсненні математичного моделювання та розрахунків використано спеціалізовані програмні продукти ANSYS та власну програму, розроблену спільно з співавторами. На дану програму отримано свідоцтво про реєстрацію авторського права.

Загальні висновки дисертації гармонізовані зі сформульованою метою та поставленими задачами досліджень і відображають усі основні отримані результати в конкретних числових значеннях.

Наукова новизна представлених теоретичних та експериментальних результатів досліджень.

Новизна отриманих наукових положень і результатів дисертаційної роботи полягає перш за все, у суттєвому розвитку можливостей оцінювання впливу водню на елементи теплоенергетичного обладнання за складного навантаження. Розроблена автором методика оцінювання роботоздатності дає можливість визначати довговічність з урахуванням різних режимів навантаження та впливу водню в короткі терміни. Побудовані аналітичні залежності для визначення параметра пошкодження

матеріалу дозволяють більш реально визначати довговічність конструкції в цілому.

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

- на основі сформульованої розрахункової моделі деформування і нагромадження пошкоджень зумовлених сумісною дією водню та складного навантаження у металевих елементах конструкцій, розроблено методику оцінювання їх опірності руйнуванню, яка на відміну від існуючих враховує наводнювання металу;
- за допомогою методу скінченних елементів розроблено програму для визначення напружено-деформованого стану, концентрації водню та температури для довільної конфігурації елемента у тривимірній постановці;
- удосконалено експериментальну методику для визначення локальних параметрів напружено-деформованого стану з використанням засобів оптико-цифрової кореляції зображень;
- отримано експериментальні результати впливу концентрації водню у попередньо деформованій маловуглецевій сталі на її опірність руйнуванню.

Рівень виконання поставленого наукового завдання.

Робота виконана на високому науковому рівні. Результати досліджень, які проведені дисертантом, у достатньому обсязі апробовані на науково-практичних конференціях і викладені згідно з вимогами в 10 наукових працях, зокрема, цитованих в наукометричних базах Scopus і WoS. Повнота викладення матеріалу дисертації відповідає вимогам до оформлення дисертаційних робіт, зміст розширеної анотації ідентичний структурі та основному змісту дисертації і в достатній мірі відображає основні результати роботи. Вимоги академічної доброчесності автором дисертації дотримані – використання чужих наукових результатів без посилань на авторів у дисертаційній роботі не виявлено. Обсяг і структура дисертаційної роботи відповідають вимогам МОН України до дисертаційних робіт на здобуття ступеня доктора філософії.

Викладення матеріалу логічне і послідовне, висновки до розділів і в цілому по дисертації базуються на результатах теоретичних розробок і усестороннього аналізу отриманих експериментальних даних.

Рівень оволодіння здобувачем методологією наукової діяльності.

Здобувач на високому рівні оволодів методологією наукової діяльності. Мета і завдання дослідження сформульовані логічно, у певній послідовності: спочатку проведено аналіз і синтез результатів, які представлено у літературі, здійснено математичне моделювання процесу, а потім проведено відповідні експериментальні випробування.

Отримані результати та сформульовані висновки відповідають поставленим завданням дослідження, а саме: сформулювати розрахункову модель деформування і нагромадження пошкоджень зумовлених сумісною

дією водню та складного навантаження у металевих елементах конструкцій та на цій основі розробити метод оцінювання їх опірності руйнуванню, яка на відміну від існуючих враховує наводнювання металу.

Відповідно до мети, дисертантом обрано об'єкт та предмет дослідження, а саме: локальний НДС і пошкодження матеріалу в околі концентратора напружень за складного навантаження та моделі і методи для оцінювання міцності та опірності руйнуванню елементів конструкцій за різних рівнів попереднього деформування та наводнювання.

Для вирішення поставлених завдань здобувач використав відомі та апробовані методи дослідження: математичного моделювання; енергетичний критерій руйнування; скінченних елементів для розв'язання диференціальних рівнянь в частинних похідних 2-го порядку; сучасні експериментальні методи визначення переміщень і деформацій, зокрема тензометрії, ОЦКЗ.

Практичне значення отриманих результатів.

Теоретико-експериментальний метод, розроблений М.В. Гриненком на основі фізично обґрунтованої розрахункової моделі та сучасних засобів ОЦКЗ, дозволяють проаналізувати механічну поведінку елемента конструкції з пошкодженням за експлуатаційних умов, та оцінити його опірність руйнуванню. Ці результати були використані при вирішенні прикладних задач у Фізико-механічному інституті ім. Г.В. Карпенка НАН України та Політехніці Бидгощської ім. Яна і Єнджея Снядецких (м. Бидгощ, Республіка Польща).

Зауваження до дисертаційної роботи.

1. У розділі 2 не вказано, яку задавали швидкість навантаження при розрахунках. Чи відповідала вона швидкості навантаження при експериментальних випробуваннях?
2. З якою метою використовували нестандартні зразки?
3. В розділі 3 подано тільки істинні діаграми деформування. Проте в другому розділі проводиться порівняння з механічними характеристиками, які отримують з умовних діаграм. Чи будували їх?
4. Не дуже зрозуміло як визначали зміну площі поперечного перерізу під час навантаження.
5. Не проаналізовано, що ж більше впливає на опірність руйнуванню: попереднє деформування чи наводнювання.
6. Зустрічаються описки: ст. 48, 77, 113.

Висновок.

Перелічені недоліки не впливають на високу оцінку роботи в цілому. Детальне вивчення та аналіз винесених на захист результатів дають можливість стверджувати, що дисертаційна робота Гриненка Михайла Васильовича є завершеним науковим дослідженням, яке присвячене розробленню методів оцінювання опірності руйнуванню елементів конструкцій підданих дії силових навантажень та наводнювання металу.

Вважаю, що за актуальністю розглянутих задач, обсягом досліджень, науковим рівнем і практичною цінністю отриманих результатів, за їх новизною та ступенем обґрунтованості дисертаційна робота «Моделювання напружено-деформованого стану та експериментально-розрахунковий метод оцінки опірності руйнуванню теплоенергетичної сталі» відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, а її автор заслуговує на присудження йому ступеня доктора філософії з галузі знань 11 «Математика та статистика» за спеціальністю 113 «Прикладна математика».

Опонент:

к.т.н., доцент,
заступник директора з науково-педагогічної роботи Інституту будівництва та інженерних систем, доцент кафедри опору матеріалів та будівельної механіки
НУ «Львівська політехніка»



Володимир ВІРА

Особистий підпис к.т.н., доцента, заступника директора з науково-педагогічної роботи Інституту будівництва та інженерних систем, доцента кафедри опору матеріалів та будівельної механіки НУ «Львівська політехніка» **Віри В.В.** “засвідчую”:

Вчений секретар
Національного університету
«Львівська політехніка»



Брилинський Р.Б.