

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. Тривала експлуатація елементів конструкцій вимагає від дослідників при перепризначенні терміну експлуатації або продовженні ресурсу роботи використовувати підходи, які враховують зміни фізико-механічних характеристик металу. Встановлено, що зміни можуть проявитись в локальних об'ємах у вигляді внутрішніх та поверхневих пошкоджень. Відомо, що наводнювання змінює механічні властивості матеріалу і, як правило, проявляється у збільшенні крихкості та зменшенні пластичності.

Для достовірного оцінювання міцності металу після тривалої експлуатації необхідно впроваджувати нові критерії та підходи, які би враховували зміни характеристик металу в локальному об'ємі.

З огляду на це, 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 та запропоновано експериментально-розрахунковий метод для прогнозування довговічності елементів конструкцій за дії складного навантаження і водневмісного експлуатаційного середовища є актуальною і має важливе науково-практичне значення. В роботі запропоновано енергетичний підхід, який передбачає використання безконтактного методу контролю при деформуванні зразків в лабораторних умовах, зокрема метод оптико-цифрової кореляції зображень, та дає можливість контролювати деформування зразка у певній області і визначити місце де напружено-деформований стан є однорідним з точки зору розподілу деформацій та напружень в локальній області.

Розроблені у дисертаційній роботі методи мають важливе значення для визначення міцності та довговічності, і дають можливість в короткі терміни кількісно оцінити опірність руйнуванню елементів конструкцій з урахуванням впливу водню та складного навантаження. Представлені в ній 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 виконавцем був дисертант.

Наукова новизна представлених теоретичних та експериментальних результатів досліджень. Щодо наукової новизни отриманих результатів, вона, перш за все, полягає у суттєвому розвитку

теорії водневого руйнування. Ґрунтуючись на проведених теоретичних розрахунках і системному аналізі їх результатів, здобувачем розроблена та апробована оригінальна методологія оцінювання довговічності елементів енергетичного обладнання на основі врахування як механічного навантаження, так і фізико-хімічну взаємодію металу з експлуатаційним середовищем. До основних наукових здобутків М. В. Гриненка, які відзначаються суттєвою науковою новизною, належать:

1. Розрахункові моделі та методи оцінювання міцності та довговічності елементів теплоенергетичного обладнання, які враховують вплив наводнювання та попереднього деформування на деформування матеріалу.

2. Алгоритм і програми для визначення методом скінченних елементів концентрації водню та напружено-деформованого стану в елементах конструкцій із врахуванням реальної геометричної форми. Визначення на їх основі енергії деформування локального об'єму металу та нагромадження пошкоджень.

3. Експериментальні результати впливу концентрації водню у попередньо деформованій маловуглецевій сталі на її опірність руйнуванню.

Наукова обґрунтованість та достовірність представлених теоретичних та експериментальних результатів досліджень. Детальний аналіз стану теоретичних розробок та результатів експериментальних досліджень по проблемі за літературними першоджерелами, чітке формулювання завдань теоретичних та експериментальних досліджень, комплексний підхід при їх розв'язанні, використання для досягнення мети визнаних та апробованих у механіці руйнування методів досліджень та різнобічний аналіз і порівняння отриманих результатів з відомими результатами, отриманими іншими авторами, порівняння отриманих теоретичних розрахунків з результатами власних чи відомих з наукової літератури експериментальних досліджень, свідчать про високий ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації М. В. Гриненка.

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

Результати дисертаційної роботи добре узгоджуються з висновками інших дослідників та відомими закономірностями експлуатаційної деградації металів, що підтверджує їх правильне трактування.

Рівень виконання поставленого наукового завдання. В цілому робота виконана на високому науковому рівні, написана технічно ґрамотно, досить легко читається та сприймається спеціалістами відповідного профілю. Викладення матеріалу логічне і послідовне, висновки до розділів і в цілому по дисертації базуються на результатах глибоких теоретичних розробок і усестороннього аналізу.

Основні положення та висновки дисертаційної роботи висвітлені в рецензованих наукових публікаціях, у тому числі цитованих в

наукометричних базах Scopus і WoS. Крім того, результати дисертаційної роботи пройшли апробацію під час представлення матеріалів доповідей та їх обговорення на авторитетних наукових конференціях.

Рівень оволодіння здобувачем методологією наукової діяльності. Здобувач на високому рівні оволодів методологією наукового пошуку, що зокрема проявилось у певній логічній послідовності проведення наукового дослідження, внаслідок чого забезпечено його конкретність, поетапність та обґрунтованість. Мета і завдання дослідження сформульовані методично грамотно з урахуванням результатів, які були отримані іншими дослідниками і встановлених фактів, що дозволило дисертанту визначити пріоритетні напрями і нез'ясовані питання, а саме наукове обґрунтування та вдосконалення методів оцінювання опірності руйнуванню елементів конструкцій за складного навантаження і наводнювання матеріалу.

Основні наукові положення та висновки відповідають поставленим завданням дослідження, а саме: розробити алгоритм моделювання методом скінченних елементів напружено-деформованого стану та нагромадження пошкоджень у модифікованому зразку Бріджмана за умов, що відтворюють експериментальні випробування; розробити експериментально-розрахунковий метод побудови істинних діаграм деформування та руйнування конструкційних сталей; побудувати істинні діаграми деформування модифікованих зразків Бріджмана з теплоенергетичної сталі типу 22К за різних рівнів попереднього деформування та часу наводнювання з використанням методу ОЦКЗ; оцінити вплив попереднього деформування та концентрації водню у матеріалі на опірність руйнуванню теплоенергетичної сталі типу 22К.

Дисертантом обрано як об'єкт дослідження, локальний НДС та пошкодження матеріалу в околі концентратора напружень за складного навантаження. Відповідно предметом дослідження дисертаційної роботи були моделі та методи для оцінювання міцності та опірності руйнуванню елементів конструкцій за різних рівнів попереднього деформування та наводнювання.

Поставлені завдання Гриненко М. В. вирішував завдяки правильно обраним методам: методам математичного моделювання; енергетичного критерію руйнування; методу скінченних елементів для розв'язання диференціальних рівнянь в частинних похідних 2-го порядку; сучасних експериментальних методів визначення переміщень і деформацій, зокрема тензометрії, оптико-цифрової кореляція зображень (ОЦКЗ).

Практичне значення отриманих результатів. Методи, розроблені М.В. Гриненком на основі адекватних сучасних математичних моделей, дають можливість у стислі терміни проаналізувати поведінку того чи іншого конструктивного елемента з пошкодженням за умов, що моделюють експлуатаційні, та отримати експертну оцінку запасу його міцності. Ці дані використовують, приймаючи рішення про можливість тимчасового продовження термінів експлуатації чи заміни вузлів та

елементів енергетичного обладнання з пошкодженнями, а також для вироблення рекомендацій щодо відповідних ремонтних заходів.

За допомогою розроблених засобів комп'ютерного моделювання деформування термомеханічних систем за дії комплексного навантаження та проведених експериментальних досліджень дисертанту вдалось у короткі терміни дослідити напружено-деформований стан зразка з урахуванням фізично нелінійного деформування та наводнювання металу.

Відповідність роботи вимогам, які ставляться до дисертації. За важливістю розв'язаної наукової задачі, повнотою її теоретичного та експериментального обґрунтування, обсягом проведених досліджень і новизною сформульованих висновків дисертаційна робота Гриненка М. В. 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 та вимогам до оформлення дисертації, затвердженими наказом МОН України від 12.01.2017 № 40.

Зауваження до дисертаційної роботи.

1. В розділі 2 не чітко сформульована задача, яка розв'язувалася чисельно. Зокрема, не вказано як враховувався вплив водню.
2. На рис. 2.6а зображено порівняння експериментально вимірних деформацій з розрахунковими. Але не зрозуміло як отримано ці значення і за якого режиму навантаження.
3. На рис. 2.8-2.10 подано кольорові зображення розподілу обчислених величин, але без шкали відповідності кольору числовим значенням, що утруднює їх сприйняття та інтерпретацію.
4. У розділі 2 кінцево не вказано, як обчислювалася енергія деформування. На рис.2.13 подано значення енергії деформування чи енергії руйнування?
5. В розділі 4 не вказано, чи під час обраних режимів наводнювання відбувається повне насичення зразків. Чи проводилася оцінка часу, необхідного для повного насичення даного зразка?
6. Стосовно оформлення дисертації, то у тексті трапляються описки, зокрема, на ст. 48 та 113.

Висновок. Перелічені недоліки не впливають на високу оцінку роботи в цілому. Дисертаційна робота “ Моделювання напружено-деформованого стану та експериментально-розрахунковий метод оцінки опірності руйнуванню теплоенергетичної сталі ” є завершеною науковою роботою, у якій розв'язана важлива як в науковому, так і в практичному відношенні задача оцінювання опірності руйнуванню елементів конструкцій підданих дії силових навантажень та водневмісних середовищ за урахування впливу водню на метал, за новизною отриманих результатів та ступенем їх обґрунтованості відповідає вимогам Наказу Міністерства освіти і науки України №40 від 12 січня 2017 р. «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації», і 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:

чл.-кор. НАН України,
д.т.н., професор,
завідувач кафедри механіки
Львівського національного
університету імені Івана Франка



Олександр АНДРЕЙКІВ

Підпис професора Олександра АНДРЕЙКІВА засвідчую
Вчений секретар
ЛНУ імені Івана Франка



Ольга ГРАБОВЕЦЬКА