

## ВІДГУК

офіційного опонента

Багрова Валерія Анатолійовича

на дисертаційну роботу Гаращенко Олени Сергіївни

«Вплив структурно-фазового стану на експлуатаційні характеристики металу

зварних з'єднань паропроводів»,

представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії

за спеціальністю 132 – Матеріалознавство

### **Актуальність теми**

Сучасна енергетика України стикається з проблемами безпечної експлуатації теплових електростанцій (ТЕС). Одним із найважливіших завдань є розробка обґрунтованої стратегії подальшої експлуатації, визначення залишкового ресурсу та передбачення руйнування елементів систем паропроводів. За даними, понад 70% таких систем довготривало експлуатуються більше 300 тисяч годин.

У зв'язку з вищезазначеним, необхідно звернути увагу на можливість локального руйнування паропроводів, що може призвести до значних наслідків. Зокрема, найбільш поширеною причиною локального руйнування паропроводів є пошкодження зварних з'єднань труб, які довготривало працюють в умовах повзучості та малоциклової втоми. З огляду на важливість безпеки та продуктивності ТЕС, рекомендується проводити регулярні інспекції та діагностику паропроводів з метою вчасного виявлення пошкоджень та запобігання локальному руйнуванню.

У наш час було проведено достатню кількість досліджень структурно-фазового стану металу зварних з'єднань з метою отримання експертних висновків щодо можливості оцінки надійності, отримання вихідної структури металу, яка менш схильна до деградації, та визначення залишкового ресурсу безпечної експлуатації. Вивчення структурно-фазового стану металу зварних з'єднань є доцільним, оскільки саме зміни та особливості структурних складових у результаті фізико-хімічних процесів у них призводять до руйнування паропроводів. Однак досі відсутні методичні підходи щодо кількісної оцінки змін структурно-фазового стану металу зварних з'єднань в залежності від терміну експлуатації паропроводів.

У зв'язку з наведеним, актуальною задачею є кількісне оцінювання та

статистичний аналіз показників структурно-фазового стану металу окремих ділянок зони термічного впливу, а також металу шва та основного металу, залежно від часу експлуатації в умовах повзучості. Це дозволить обґрунтовано визначити залишковий ресурс та передчасно попередити процес руйнування.

Тема пов'язана з виконанням науково-дослідних робіт кафедри «Зварювання» Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Здобувачка була відповідальним виконавцем науково-дослідної роботи відповідно до завдань держбюджетної (МОН України) теми: «Теоретичні і практичні основи збільшення надійності експлуатації ТЕС» (ДР №0120U101658, 2020-2022 рр.). Науковий керівник НДР: д-р техн. наук, проф. В. В. Дмитрик.

### **Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі**

Положення та висновки, наведені в дисертаційній роботі Гаращенко Олени Сергіївни, в достатній мірі обґрунтовані як з наукового, так і з технічного поглядів. Обґрунтованість отриманих у роботі наукових положень, висновків і рекомендацій базується на використанні сучасних методів оптичної, растрової і просвічуючої електронної мікроскопії. Для аналізу одержаних результатів використовували підходи і методики металографічного аналізу, фрактальної геометрії, прикладної статистики з використанням спеціалізованого ліцензованого і розробленого програмного забезпечення.

Результати одержано на основі дослідження зразків труб паропроводів ТЕС, що експлуатуються в робочих умовах повзучості та малоциклової втоми. Таким чином забезпечена обґрунтованість висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі.

### **Достовірність результатів досліджень.**

Достовірність результатів теоретичних досліджень підтверджується результатами відповідних експериментальних досліджень зразків труб паропроводів, що працювали за різними термінами експлуатації.

Наукові результати застосовані під час неруйнівного контролю та діагностування елементів паропроводів ТЕС.

**До основних нових наукових результатів дисертації слід віднести наступне:**

- вперше встановлено відмінності фрактальних розмірностей границь структурних складових на зображеннях окремих ділянок зварних з'єднань паропроводів у залежності від часу експлуатації;

- вперше при оцінці впливу структурно-фазового стану металу зварних з'єднань на залишковий ресурс враховується геометрична складність границь виділення структурних складових, яка визначається за допомогою статистичного аналізу розподілу фрактальної розмірності, одержаної з використанням клітинного методу виміру.

- удосконалено кількісну оцінку нерівномірності розподілу структурних складових металу для виявлення особливостей змін структурно-фазового стану окремих ділянок ЗТВ, а також металу шва і основного металу в залежності від напрацювання в умовах повзучості;

- оцінку кількості вкраплень перліту, їх розмірів і відстаней між ними для статистично обґрунтованого визначення структурно-фазових змін металу зварних з'єднань паропроводу з урахуванням ресурсу напрацювання;

- отримало подальший розвиток дослідження структурно-фазового стану металу зварних з'єднань паропроводів із теплостійких сталей перлітного класу 12X1МФ і 15X1М1Ф, які тривалий час (понад 280 тис. год.) експлуатуються в умовах повзучості і малоциклової втоми на базі комплексного статистичного аналізу геометричних характеристик структурних елементів.

**Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання**

Практична цінність полягає у використанні результатів досліджень:

1) у Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» (м. Харків) при викладанні навчальних курсів «Експериментальні методи у зварюванні» і «Зварювання сталей і кольорових металів»;

2) на АТ «Українські енергетичні машини» (м. Харків) - спеціалізованому підприємству в галузі виробництва енергетичного обладнання ТЕС.

**Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях**

Результати досліджень опубліковані у 14 наукових роботах, серед яких 7 у фахових виданнях у галузі технічних наук (у т. ч. 1 стаття – одноосібна, 2 статті – у журналах, включених до наукометричної бази Scopus), 6 публікацій у збірниках

матеріалів та тез конференцій.

Участь здобувача у роботах, що опубліковані у співавторстві зазначена у дисертаційній роботі.

За темою дисертації зараховано 7 публікацій: 5 статей у наукових фахових виданнях України, 2 статті у періодичних наукових міжнародних виданнях, включених до міжнародної наукометричної бази Scopus.

Опубліковані матеріали повністю відображають зміст дисертації та відповідають вимогам пункту 8 Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого Постановою КМУ від 12.01.2022 р. №44.

### **Оцінка змісту дисертаційної роботи**

Дисертаційна робота ПБ складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел та 3 додатків.

У вступі обгрунтовано актуальність теми дисертації, показана її наукова і практична цінність, сформульовані мета і задачі дослідження, які необхідно вирішити для її досягнення, описано зв'язок дисертації з науковими планами та темами, наведено інформацію про кількість публікацій та апробації результатів, особистий внесок здобувача та описано структуру дисертації.

В першому розділі на основі аналізу наукових джерел наведено актуальність дослідження змін структурно-фазового стану металу зварних з'єднань паропроводів, що експлуатуються протягом тривалого часу в умовах повзучості та малоциклової втоми. Проаналізовано хімічний склад та механічні властивості теплостійких сталей перлітного класу. Встановлено основні вимоги до структурного стану металу зварних з'єднань, а також розглянуто особливості контролю і металографічного аналізу структурно-фазового стану металу зварних з'єднань з огляду на їх надійність експлуатації.

У другому розділі описано методи та методики, а також програмне забезпечення, обладнання та матеріали, які використовувалися для дослідження та аналізу структурно-фазового стану і властивостей металу зварних з'єднань. Наведено удосконалені методики аналізу структурних змін в металі досліджуваних

зразків зварних з'єднань, які були вирізані з діючих паропроводів, і проводилися за допомогою оптичної та електронної мікроскопії.

Третій розділ присвячено створенню методичних основ для металографічного аналізу структурно-фазового змін в металі зварних з'єднань паропроводів з теплостійких сталей перлітного класу 12X1MФ і 15X1M1Ф, які експлуатуються в умовах повзучості і малоциклової втоми.

В четвертому розділі наводяться результати досліджень структурно-фазових змін в металі ділянок зони термічного впливу зварних з'єднань паропроводів після тривалого впливу експлуатаційних навантажень в умовах повзучості і малоциклової втоми. Аналіз виконували на зразках зварних з'єднань зі сталей 12X1MФ і 15X1M1Ф, що мали термін напрацювання понад 270 тис. год.

В п'ятому розділі наведено результати досліджень впливу експлуатаційних навантажень на метал зварних з'єднань паропроводів. Вивчені особливості впливу фізико-хімічних процесів на структурно-фазові зміни, механізми повзучості і втоми, а також на експлуатаційні характеристики, пошкоджуваність і руйнування зварних з'єднань. Зроблено порівняльну оцінку статистичних характеристик досліджених ознак структурно-фазового складу металу після руйнування зварних з'єднань, і обґрунтовано практичне використання методичних розробок з металографічного аналізу.

Висновки до розділів та за результатами роботи сформульовані чітко та відповідають змісту дисертаційної роботи.

Список використаних джерел із 121 найменувань досить повний і включає вітчизняні та зарубіжні (40 джерел) публікації.

Анотація відображає основний зміст дисертації та достатньо повно розкриває наукові результати та практичну цінність роботи.

#### **Академічна доброчесність**

Порушень академічної доброчесності в дисертації та наукових публікаціях, у яких висвітлені основні наукові результати дисертації, не виявлено.

Усі результати, які винесено автором на захист, отримані самостійно і містяться в опублікованих роботах. У роботах, опублікованих у співавторстві, використані тільки ті ідеї, положення та розрахунки, які є результатом особистих наукових пошуків.

**По дисертаційній роботі можна зробити наступні зауваження:**

Разом з високою науковою і практичною оцінкою дисертаційної роботи, яка представлена до захисту, слід навести наступні зауваження:

- у розд. 1 на рис. 1.1 і 1.2 слід було також вказати інтервал часу роботи у стаціонарному режимі;

- у розд. 1 на рис. 1.3 (стор. 21) наведено схему зварного з'єднання, але за текстом при посиланні на рис. йдеться мова щодо макроструктури, на рис. 1.5 не приведено збільшення зображення зварного шву;

- у розд. 1, п. 1.4 «Для продовження терміну служби паропроводів пропонується відновлювальна термічна обробка (ВТО), технології обробки поверхонь, програмне навантаження ...», але не має порівняння, яка технологія найбільш може бути оптимізованою для задачі продовження терміну служби елементів паропроводів;

- у розд. 2, п. 2.1 слід було вказати способи зварювання, режими, зварювальні матеріали для щойно виготовлених зразків зварних з'єднань;

- у розд. 2, п. 2.4 для оцінки повторюваності результатів з використанням статичного аналізу металографічних зображень доцільно було б навести кількість зразків при дослідженні;

- у розд. 3 при визначенні фрактальним аналізом структурно-фазових змін в металі паропроводів та їх зварних з'єднань слід було вказати для яких конкретно зразків проводились дослідження;

- у розд. 4, п. 4.4 на рис. 4.27 «Структура ділянки неповної перекристалізації ЗТВ....» слід було вказати структури, які відповідають буквам «а, б, в, г»;

- у розд. 5 слід було навести залежності між фрактальними величинами і механічними властивостями матеріалів;

- в списку використаних джерел слід було більше приділити уваги посиланням на літературу після 2000 року.

Однак, зроблені зауваження ні якою мірою не знижують загальної позитивної оцінки дисертації в цілому і за своїм фаховим спрямуванням, науковою новизною та практичною значимістю дисертаційна робота Гаращенко Олени Сергіївни відповідає спеціальності 132 – Матеріалознавство.

## ВИСНОВОК

Дисертаційна робота Гаращенко Олени Сергіївни «Вплив структурно-фазового стану на експлуатаційні характеристики металу зварних з'єднань паропроводів» за своїм змістом відповідає спеціальності 132 – Матеріалознавство. Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, в якій, на основі одержаних науково обґрунтованих результатів, вирішена актуальна для матеріалознавства задача визначення змін структурно-фазового стану металу зварних з'єднань паропроводів з теплостійких перлітних сталей для забезпечення їх надійності експлуатації на ТЕС України.

Подана дисертаційна робота «Вплив структурно-фазового стану на експлуатаційні характеристики металу зварних з'єднань паропроводів» Гаращенко О. С. відповідає спеціальності 132 – Матеріалознавство, відповідає вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії, а саме вимогам пунктів 6, 7, 8 і 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 КМУ від 12.01.2022 р. №44, а здобувачка Гаращенко Олена Сергіївна заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 132 – Матеріалознавство.

Офіційний опонент

Доцент кафедри технології металів та матеріалознавства, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, к.т.н., доцент

Валерій БАГРОВ

