

## ВІДГУК

офіційного опонента

Семенова Олександра Володимировича

на дисертаційну роботу Касьяненка Ігоря Вікторовича

«Підвищення надійності та збільшення ресурсу зварних з'єднань  
паропроводів і роторів турбін ТЕС»

представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії за  
спеціальністю 132 – Матеріалознавство.

### **Актуальність теми.**

Значна кількість енергетичного обладнання теплових електричних станцій України відпрацювала свій парковий ресурс. Їх напрацювання складає 270-300 тис. год. Зварні з'єднання паропроводів і роторів, при наявності в їх металі значної структурної неоднорідності, що утворилася під впливом зварювального нагрівання, пошкоджуються в більшій мірі, ніж основний метал, який не зазнав такого впливу. При довготривалому напрацюванні зварних з'єднань в умовах повзучості в їх металі відбуваються структурно-фазові зміни, швидкість проходження яких залежить від вихідної структури зварних з'єднань. Структура поступово перетворюється у ферито-карбідну суміш, що характеризується зниженням механічних властивостей металу зварних з'єднань і збільшенням їх пошкоджуваності. Отже дослідження особливостей структурно-фазового стану стосовно довготривалого напрацювання зварних з'єднань, а також його зв'язку з властивостями і пошкоджуваністю, що спрямовано на підвищення надійності та збільшення ресурсу зварних з'єднань паропроводів і роторів ТЕС, надаються актуальними.

В дисертаційній роботі поставлена мета встановити закономірність підвищення надійності і збільшення ресурсу зварних з'єднань паропроводів і роторів турбін шляхом визначення впливу структурно-фазових перетворень на їх властивості і пошкоджуваність.

Тема пов'язана з виконанням науково-дослідної роботи кафедри «Зварювання» НТУ «ХП». Здобувач брав участь, як виконавець, у науково-дослідній роботі «Теоретичні і практичні основи збільшення надійності експлуатації ТЕС», ДР № 0120U101658. Науковий керівник НДР д.т.н., професор Дмитрик В. В.

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

Положення та висновки, наведені в дисертаційній роботі Касьяненко Ігоря Вікторовича в достатній мірі обґрунтовані як з наукового, так і з технічного поглядів. Обґрунтованість отриманих у роботі наукових положень, висновків і рекомендацій ґрунтується на використанні даних аналізу структурно-фазового стану, показниках механічних властивостей і хімічного складу, а також пошкоджуваності металу зварних з'єднань.

Дослідження виконані з використанням сучасного зварювального обладнання, мікроскопів, приладів для визначення хімічного складу і механічних властивостей, математичного апарату і комп'ютерного моделювання. Результати досліджень перевірені показниками, які отримали шляхом проведення практичних експериментів, а також даними вивчення структурно-фазового стану зразків відповідних зварних з'єднань. Наведене підтверджує обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, які сформульовані в дисертаційній роботі.

### **Достовірність результатів досліджень.**

Достовірність теоретичних обґрунтувань підтверджується результатами відповідних експериментів. Наукові результати використовували при визначенні надійності і залишкового ресурсу зварних з'єднань паропроводів, які тривалий час (понад 270 тис. год.) працювали в

умовах повзучості і втоми. Також наукові результати, а саме моделювання зварювального нагрівання виготовляємих з'єднань, дозволило оптимізувати параметри режиму зварювання, що забезпечило отримання зварних з'єднань паропроводів і роторів з покращеними показниками їх вихідної структури. Наведені зварні з'єднання характеризуються більш високими механічними властивостями ніж аналогічні показники, отримані шляхом використання штатних технологій.

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

- отримала подальший розвиток теорія повзучості стосовно металу зварних з'єднань паропроводів, які довготривало експлуатуються при температурі 545-585°C і тиску 25,5 МПА;
- вперше дослідили прояв процесів повернення і рекристалізації в металі зварних з'єднань паропроводів, що довготривало експлуатується в умовах повзучості і втоми. Встановили, що проходження наведених процесів сприяє деградації металу зварних з'єднань, зниженню експлуатаційних властивостей і збільшенню їх пошкоджуваності.
- вперше досліджено вплив крупних аустенітних зерен і перекристалізованого перліту в зоні термічного впливу зварних з'єднань на деградацію їх структури, яка при наявності таких зерен і перекристалізованого перліту прискорюється. Також вперше дослідили, що зменшення розмірів аустенітних зерен сприяє підвищенню механічних і експлуатаційних властивостей зварних з'єднань;
- доповнили обґрунтування заходів стосовно зменшення інтенсивності проходження фізико-хімічних процесів в металі зварних з'єднань паропроводів, які довготривало експлуатуються в умовах повзучості, що приводить до структурно-фазових змін;

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

Практична цінність полягає у використанні результатів досліджень:

1. На АТ "Українські енергетичні машини" м. Харків – профільному підприємстві, на якому виготовляється ротори парових турбін ТЕС і АЕС, а також енергетичне обладнання.
2. В національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут», при впровадженні в навчальний процес кафедр «Зварювання» і «Матеріалознавства».
3. В Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті при впровадженні в навчальний процес кафедри «Технології металів та матеріалознавства імені О. М. Петриченка».

### **Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.**

Результати досліджень опубліковані в 26 роботах, серед яких: 6 статей у наукових фахових виданнях України, 1 стаття у міжнародній наукометричній базі Scopus, 19 тезисів у матеріалах конференцій.

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

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 Касьяненка Ігоря Вікторовича складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних літературних джерел, який включає 116 найменувань і додатків.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, показана її наукова і практична цінність, сформульована мета і задачі дослідження, які необхідно вирішити для її досягнення, наведено зв'язок дисертації з науковими планами та темами, приведена апробація дисертаційної роботи і публікації.

В першому розділі наведено об'єкт і предмет дослідження, приведено огляд науково-технічних досліджень стосовно підвищення надійності і збільшення ресурсу напрацювання зварних з'єднань паропроводів і роторів турбін ТЕС. Наведено огляд досліджень і науково-технічних розробок стосовно зв'язку структурно-фазового стану зварних з'єднань зі сталей 12X1МФ, 15X1М1Ф і 25X2НМФА з їх властивостями і пошкоджуваністю. Обрано напрям теоретичних і експериментальних досліджень, здійснено постановку задач дисертаційної роботи.

У другому розділі наведено методи, методики, прилади та обладнання, що використовували при проведенні досліджень, а також при визначенні хімічного складу і механічних властивостей зварних з'єднань з теплостійких перлітних і високоміцних сталей.

В третьому розділі досліджено структурно-фазовий стан, деформацію і пошкоджуваність зварних з'єднань паропроводів, напрацювання яких складає понад 270 тис. год.

Четвертий розділ присвячений дослідженню зв'язку структурно-фазового стану зварних з'єднань з їх пошкоджуваністю в умовах повзучості і втоми.

В п'ятому розділі наведено результати дослідження стосовно визначення властивостей, надійності і ресурсу зварних з'єднань паропроводів і роторів турбін ТЕС. Наведено зв'язок вихідної структури зварних з'єднань, що має більш високі якісні показники, з властивостями, структурними

перетвореннями і пошкоджуваністю. Розглянуті питання відносно отримання зварних з'єднань паропроводів і роторів з покращеними показниками їх вихідної структури.

### **Академічна доброчесність.**

Порушень академічної доброчесності в дисертації та наукових публікаціях, де висвітлено основні наукові результати дисертації, не виявлено.

Усі результати, що виносяться автором на захист, отримані самостійно і входять до складу опублікованих робіт. У тих роботах, які опубліковані у співавторстві, використовуються тільки ті ідеї, положення та розрахунки, що є результатом особистих наукових пошуків.

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

1. У тому літературному огляді дисертації при розгляді сучасного стану (на час постановки даної роботи) досліджень проблем структурно-фазових змін та ушкоджуваності зварних з'єднань теплостійких сталей 15X1M1Ф та 12X1MФ не зовсім достатньо представлені та проаналізовані результати оригінальних досліджень інших авторів крім вчених Національного технічного Університету "ХП". Такі дослідження виконуються у відомих наукових центрах України: Інститут зварювання ім. Є.О. Патона, Національний університет "Львівська політехніка" Тернопільський національний технічний університет, Донбаська державна машинобудівна академія, Краматорськ. Також слабо проаналізовано внесок в розробку даного наукового напрямку вчених з розвинутих країн світу (США, Японії, Європейських країн тощо) в та вчених пострадянських країн.

В результаті, постановка завдань дисертанту виглядає певною мірою локальною та обмеженою, а оцінки результатів досліджень \*вперше\*,

наведені у висновках не зовсім достатньо обґрунтовані. Крім того, у зв'язку з цим при аналізі запропонованих рішень не завжди наводяться необхідна аргументація та критичні порівняння з іншими відомими рішеннями.

Як приклад досліджень по напрямку теми дисертації які виконані іншими вченими можливо привести комплексну роботу молодих науковців НТУ "ХП", НТУУ "КП", ІЕЗ ім. Є.О. Патона, АТ "Турбоатом", "Збільшення ресурсу експлуатації зварних з'єднань енергетичного обладнання сучасних енергоблоків", яка одержала премію президента України у 2019 році, і результати якої представлені у 66 публікаціях.

2. У літературному огляді і надалі в роботі не враховується можлива роль корозійного механізму прискорення руйнування, який може виникати у зварних з'єднаннях теплостійких сталей в агресивних навколишніх середовищах, особливо за наявності вологи та хімічно активних речовин. Корозія може призводити до появи тріщин та ослаблення зварного з'єднання.
3. Структурно-фазові дослідження зразків металу зварних сполук є складним експериментальним завданням багатоетапної підготовки зразків для структурних та металографічних досліджень. Крім того, особливістю таких зразків є природна неоднорідність фазового складу і мікроструктури. Тому, щоб отримати адекватні результати, потрібно виконувати вимірювання на серіях зразків із усередненням даних. У роботі, ні в методичній частині ні в розділах обговорення експериментальних даних не наводяться дані про кількість вибірки зразків, крім глави 5, де використовували вибірку з 3х зразків. Кількість зразків у вибірці істотно впливає на розкид даних при їх обробці та похибках експериментальних точок на графіках.
4. Не зовсім зрозуміло, чому дисертант не приводив у роботі даних структурних аналізів експериментальних зразків, при тому що структурно-фазовий стан перетворювань металу є головна тема досліджень.
5. Робота написана формалізованою мовою, у якій постійно використовуються невизначені у плані авторства дієслова дії – \*виявили,

встановили, обґрунтували, оптимізували\*. Такий стиль написання може бути використаний для колективних звітів про виконані теми, але для дисертації він не зовсім доречний, оскільки не видно ролі та ступеня участі автора. Більш того, часто такі твердження наводяться без зрозумілих посилань на авторство, а якщо посилання наводяться, то часто на роботи без співавторства дисертанта. Тому іноді реальна участь дисертанта не зовсім зрозуміла.

6. Основні наукові результати ґрунтуються на використанні оптимізованих режимів процесів зварювання, які отримали шляхом моделювання зварювального нагрівання виготовляємих з'єднань. Проте математична модель зварювального нагрівання не наведена. Доцільно було б у більш повному вигляді навести у п'ятому розділі математичну модель з початковими і граничними умовами.

7. При дослідженні фізико-хімічних процесів, що відбуваються в металі зварних з'єднань із теплостійких сталей в умовах повзучості, слідувало б у більшій мірі використовувати поверхневий мікрозондовий аналіз.

8. В науковій новизні слідувало б навести, як процеси повернення і рекристалізації, що проходять в металі зварних з'єднань паропроводів в умовах повзучості, сприяють деградації їх структури і прискоренню пошкоджуваності.

9. За основним текстом дисертації є матеріали, які можна віднести у додатки. В розділі 1 є багато загальновідомої довідкової інформації. У розділі 4, підрозділ 4.1, наводиться довідковий матеріал, а також посилання на відомі роботи, що можна віднести до розділу 1. Дослідження конкретних фізико-хімічних процесів слідувало б згрупувати у одному розділі.

10. Існують недоліки оформлення матеріалу дисертаційної роботи, за текстом іноді зустрічаються друкарські, пунктуаційні та стилістичні помилки.

Вказані недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної роботи. Тема дисертації є актуальною, а сама робота має наукову цінність та практичну значущість.

## ВИСНОВОК

Дисертаційна робота Касьяненка Ігоря Вікторовича «Підвищення надійності та збільшення ресурсу зварних з'єднань паропроводів і роторів турбін ТЕС» за своїм змістом відповідає спеціальності 132 – Матеріалознавство. Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, яка розв'язує важливу науково-практичну задачу, що полягає в підвищенні надійності та збільшенню ресурсу зварних з'єднань паропроводів і роторів турбін ТЕС.

Подана дисертаційна робота «Підвищення надійності та збільшення ресурсу зварних з'єднань паропроводів і роторів турбін ТЕС» Касьяненка І. В. 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 здобувач Касьяненко Ігор Вікторович заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 132 – Матеріалознавство.

Офіційний опонент

Професор кафедри фізики  
Харківського національного  
університету міського  
господарства імені  
О. М. Бекетова, д. т. н.,  
старший науковий співробітник



Олександр СЕМЕНОВ

Підпис	<i>О. Семенов</i>
Засвідчую:	<i>каж</i>
відл. кадрів	<i>каж</i>
"	"
"	20


