

Голові спеціалізованої вченої ради

ДФ 58.052.011

Тернопільського національного
технічного університету імені Івана Пулюя

доктору технічних наук, професору

Яснію Олегу Петровичу

ВІДГУК

ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

Кандидата технічних наук, доцента кафедри зварювання Івано-Франківського
національного технічного університету нафти і газу

Біщака Романа Теодоровича

на дисертаційну роботу Басари Миколи Андрійовича

на тему «Пошкодження і руйнування К-подібних вузлів плоских зварних ферм»

подану на здобуття наукового ступеня доктор філософії

за спеціальністю 131 – Прикладна механіка

1. **Актуальність теми дисертаційної роботи та зв'язок з науковими планами та програмами**

Зварні металеві ферми протягом періоду експлуатації зазнають впливу різних факторів (робочі навантаження, вітер, сніг, зміна температури, сейсмічні впливи, аварійні ситуації тощо). Внаслідок впливу перелічених чинників в конструктивних елементах та в місцях їх зварних з'єднань відбувається накопичення пошкоджень, які можуть призвести до втрати тримкої здатності й руйнування ферм. Важливим є попередження такого руйнування, особливо при дії циклічних навантажень. Зазвичай для зварних ферм такими місцями є вузли, найпоширенішими з них є К-подібні виконання.



Отже, перелічені обставини обумовлюють актуальність науково-технічної проблеми пошкодження і руйнування К-подібних вузлів плоских зварних ферм. Важливим з точки зору теорії і практики є наукове завдання виявлення умов пошкодження та руйнування К-подібних вузлів при дії експлуатаційних навантажень.

Дослідження виконані у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя в рамках Державної Системи забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів згідно «Загальних принципів забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд» (ДБН В.1.2-14:2018).

2. Аналіз змісту дисертації. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків, рекомендацій, сформульованих у дисертації

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, яка містить вступ, 4 розділи, висновки, список використаних джерел і один додаток.

У *вступі* обґрунтовано актуальність дослідження, наведено зв'язок роботи з науково-дослідною тематикою, поставлено мету та визначено завдання дослідження, об'єкт та предмет дослідження, наведено перелік методів дослідження, що застосовувались для досягнення мети дисертаційної роботи. Сформульовано наукову новизну, практичне значення отриманих результатів та особистий творчий внесок здобувача. Подано відомості щодо апробації та опублікування результатів дослідження.

У *першому розділі* зроблено огляд праць за темою дисертації, проаналізовано наявні конструкції К-подібних вузлів, виявлено особливості їх пошкодження й руйнування за різних умов.

У *другому розділі* запропоновано комплексний методичний підхід до дослідження плоских зварних ферм із К-подібними вузлами, який поєднує натурний, напівнатурний і комп'ютерний моделюючий експерименти (КМЕ) і дає

можливість верифікувати отримані результати й забезпечити вищу достовірність отриманих показників по відношенню до фактичних експлуатаційних значень.

У *третьому розділі* описано результати досліджень, які дали можливість оцінити ступінь пошкодження і умови руйнування вузлів зварних ферм із безфасонковим виконанням при дії на конструкцію статичних силових впливів. Натурний силовий експеримент здійснено за спареною схемою навантажування ферм статичними зосередженими зусиллями до центрального вузла на верхньому поясі. Виявлено, що найслабшим місцем в досліджуваних фермах є середня частина верхнього поясу в місці прикладання навантажень. Там відбувається локальне пошкодження у вигляді протискання верхньої стінки і випучування двох бокових стінок профільної труби, яка формує Т-подібний вузол. Саме ці пошкодження зумовлюють настання граничного стану конструкції аж до її руйнування. Виконано комп'ютерний моделюючий експеримент для повномасштабної ферми. Виконано верифікацію отриманих результатів для ділянки пружного деформування по нижньому поясі, порівнявши їх з аналогічними показниками для натурального експерименту. Отримано їх співпадання на рівні 87,5...92,6%. Запропоновано варіант зміцнення центрального вузла накладанням двох спарених кутників. Виявлено, що для варіанту з підсиленням міцність в місці протискання верхньої стінки збільшилася на 7,6 %.

Методом скінченних елементів промодельовано поведінку фізичної моделі (масштабного зразка) при дії статичних навантажень. Отримано діаграму локального деформування для місця прикладання навантаження на верхньому поясові. Побудовано діаграму розподілу деформацій по верхній стінці верхнього поясу та діаграму прогинів на нижньому поясі зварної ферми. Виконано верифікацію отриманих результатів для ділянки пружного деформування нижнього поясу. Рівень співпадання становить 93,3...96,4%.

У *четвертому розділі* виконано серію досліджень для зварних ферм із різноманітними конструктивними виконаннями вузлів при дії циклічних

навантажень. Ці варіанти мають різні типи вузлів (безфасонкові, зі стандартними фасонками, з оригінальними фасонками, фасонками власної конструкції).

Побудовано криві втомного руйнування для кожного конструктивного виконання К-подібних вузлів. Виявлено, що стандартні фасонки в К-подібних вузлах підвищують ресурс роботи зварної ферми при циклічних навантаженнях на 6...8,3% в порівнянні з безфасонковими конструкціями, а використання оригінальних фасонок дає можливість підвищити напрацювання ферми до настання граничного стану на 11...18,7%.

Висновки містять розгорнутий перелік основних результатів та рекомендацій одержаних у дисертації.

В загальному наукові результати цілком обґрунтовані. Обґрунтованість забезпечується коректністю постановки задач досліджень, використанням методу скінченних елементів, верифікацією отриманих результатів напівнатурного та натурного експериментів.

3. Наукова новизна одержаних результатів

Підтверджую, що наукову новизну одержаних результатів дисертаційної роботи Басари М.А. складають:

- вперше отримано залежність для визначення напрацювання плоскої зварної ферми з різноманітним виконанням К-подібних вузлів до моменту руйнування конструкції за умов циклічних навантажень;
- вперше отримано чисельне співвідношення між напрацюванням плоских зварних ферм до моменту руйнування конструкції за умов циклічних навантажень для К-подібних вузлів з різними конструкціями фасонок в порівнянні з напрацюванням аналогічних ферм з безфасонковими К-подібними вузлами;
- вперше отримано оптимальні геометричні параметри для фасонки власної конструкції К-подібного вузла;
- отримали подальший розвиток комплексні дослідження плоских зварних ферм, які поєднують натурний, напівнатурний і комп'ютерний

моделюючий експерименти і дають можливість верифікувати отримані результати й забезпечити вищу достовірність отриманих показників в порівнянні з фактичними експлуатаційними даними.

Вважаю, що наукові результати здобувача є вагомим внеском для формування рекомендацій щодо проектування, експлуатації та реконструкції фермових конструкцій будівельного та технологічного призначення. Отримані результати можуть бути базовими для подальших наукових досліджень.

4. Достовірність отриманих результатів і висновків

Достовірність отриманих результатів підтверджується:

- використанням сертифікованої електрогідравлічної машини СТМ-100 керованої ПК з автоматизованою обробкою даних;
- використанням методу натурального випробування за спареною схемою навантаження ферм;
- застосуванням математичного моделювання напружено-деформованого стану з використанням комплексу ANSYS WORKBENCH та задовільним співпаданням отриманих результатів обчислень із експериментальними ;
- результатами відповідної апробації на міжнародних конференціях.

5. Оформлення дисертації, дотримання вимог академічної доброчесності та повнота викладу наукових результатів в опублікованих працях

Оформлення дисертації. Дисертаційну роботу викладено на 143 сторінках тексту, в тому числі 116 рисунків, 17 таблиць, список використаних джерел складає 101 найменування. Оформлення дисертації відповідає усім необхідним атестаційним вимогам.

Дотримання вимог академічної доброчесності. Проведена перевірка дисертації на наявність академічного плагіату, отримані результати свідчать про високий ступінь індивідуальності роботи. По всьому тексту дисертації

простежується авторський стиль. У дисертації не виявлено текстових запозичень і використання наукових результатів інших науковців без посилань на відповідні джерела.

Повнота викладу результатів в опублікованих працях. Основні результати дисертації відображені у 15 друкованих працях, серед яких 2 статті у фахових виданнях з переліку МОН України, 1 стаття, що індексується у міжнародних фахових виданнях, 8 в тезах і матеріалах доповідей науково-технічних конференцій та у 4 патентах на корисну модель. Ці наукові результати відповідають вимогам п.11 Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 року № 167.

6. Наукове та практичне значення результатів дисертаційної роботи

Наукова новизна сформульована за результатами аналізу і узагальнення даних комп'ютерного моделюючого, натурального і напівнатурного експериментів і свідчить про високий науковий рівень дисертації. Отримані результати можна використати для подальших наукових досліджень аналогічних конструкцій за різних умов та режимів навантажування.

Практичне значення результатів роботи полягає в можливості зменшити масу (матеріаломісткість), а, отже, і вартість ферм без втрати експлуатаційних показників, як по силових чинниках, так і по довговічності їх експлуатації. Особливої уваги для практичного застосування заслуговує оригінальна конструкція фасонки з прорізами, для якої визначено оптимальні конструктивні параметри для роботи за умов циклічних навантажень. Такий режим експлуатації характерний для мостових прогінних конструкцій і для механічного технологічного устаткування (підвісні конвеєри, підймальні крани). Ще на етапі проектування таких конструкцій можна передбачити їх ресурс експлуатації для відомих параметрів силового впливу.

7. Зауваження та дискусійні положення щодо змісту дисертації

В цілому робота справляє хороше враження і свідчить про високий фаховий рівень здобувача. Однак є деякі зауваження стосовно методики дослідження і отриманих результатів.

1. Яка доцільність виконання в роботі натурних досліджень механічних характеристик сталі ВСтЗсп на суцільних і на зварених зразках? Чи потрібно виконувати такі дослідження при проектуванні зварних ферм?

2. Чи підтверджені результати натурних і напівнатурних експериментів сертифікатами метрологічної повірки вимірювальних засобів, які використовувалися при дослідженнях?

3. Які режими циклічних навантажень взято для оптимізації довжини прорізу для фасонки власної конструкції і чи зміниться ця довжина при зміні коефіцієнта асиметрії циклу навантаження?

8. Висновки

Представлена дисертація є завершеною науковою працею, у якій отримано нові обґрунтовані результати. У дисертації розв'язано актуальне наукове завдання з виявлення умов пошкодження і руйнування К-подібних вузлів та забезпечення їх необхідної тримальної здатності та довговічності за умов експлуатаційних навантажень.

Одержані наукові та прикладні результати є важливим науковим внеском для створення рекомендацій щодо проектування, експлуатації та реконструкції фермових конструкцій будівельного та технологічного призначення, також одержані результати можуть бути базовими для подальших наукових досліджень. Зміст роботи повністю відповідає спеціальності 131 Прикладна механіка.

Тому, дисертаційна робота за ступенем актуальності обраної теми, обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх новизни, повноти викладу в наукових публікаціях, зарахованих за


темою дисертації, відсутності порушень академічної доброчесності, цілком відповідає пунктам 9-12 Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 року № 167, а її автор, Басара Микола Андрійович заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 131 Прикладна механіка.

Офіційний опонент:

доцент кафедри зварювання

Івано-Франківського національного
технічного університету нафти і газу,

кандидат технічних наук



Р.Т. Біщак

Підпис Біщака Р.Т. засвідчую

вчений секретар

Івано-Франківського національного
технічного університету нафти і газу

кандидат технічних наук, доцент



В.Р. Процюк