

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Ярвого Сергія Миколайовича на тему:

«Надійність металевих димових і вентиляційних труб та їх несучих веж»,

представлену до захисту

на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю

05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди

1. Актуальність теми дисертації

Для промислових підприємств металургійної, енергетичної, хімічної та нафтохімічної промисловості, що працюють тривалий термін, однією із основних проблем є знос основних фондів і, як наслідок, проблема забезпечення надійності будівель та споруд. Кінцевою ланкою багатьох технологічних процесів цих промислових підприємств є димові і вентиляційні труби та їх несучі вежі, і вихід їх з ладу призводить до зупинки всього виробництва.

Велика кількість димових та вентиляційних труб та їх несучих веж промислових підприємств працюють протягом 50 років і більше. Під час експлуатації ці висотні споруди піддаються значним вітровим, температурним, корозійним, сейсмічним та іншим впливам, що призводить до виникнення суттєвих пошкоджень конструкцій.

При таких значних термінах роботи і складних умовах експлуатації ці висотні споруди потребують подальшого дослідження проблеми безпеки та збереження висотних споруд, забезпечення довговічності та розрахунку залишкового ресурсу, подовження термінів експлуатації. Оцінка технічного стану конструкцій металевих труб та їх несучих веж на основі даних натурних обстежень, визначення причин виникнення різних пошкоджень, прогнозування їх розвитку, рекомендації по їх усуненню дадуть змогу забезпечити надійність та безпечну експлуатацію конструкцій.

Отже, дослідження по забезпеченню надійності металевих димових і вентиляційних труб та їх несучих веж, дослідження сукупної дії динамічних, температурних, корозійних та експлуатаційних впливів, оцінка довговічності та визна-

чення залишкового ресурсу, розробка методів і варіантів усунення пошкоджень є актуальним напрямком.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційні дослідження проведені в рамках виконання науко-дослідної роботи кафедри металевих та дерев'яних конструкцій ХНУБА за темою «Надійність та довговічність металевих висотних споруд спеціального призначення» (№ ДР 0118U001361 2016-2018 рр.), а також великої кількості господарських тем в рамках дослідження і науково-технічного супроводу, обстеження металевих і вентиляційних труб та їх несучих веж на багатьох підприємствах металургійної, хімічної, нафто-хімічної, енергетичної галузей України, у тому числі: «Технічне діагностування вихлопних труб ГПА ГТК-10-4Б з метою визначення їх технічного стану КС Задніпровська, КС Кіровоградська, КС Південнобузька» (г/д №841/11/1109071005, 2011 р.), «Звіт про технічний стан і експлуатаційну придатність радіовежі, розташованій на даху 6-го під'їзду будівлі Держпром у м. Харкові» (г/д № 01-38/09, 2014 р.), «Звіт про технічний стан металевої димової труби та несучої вежі висотою $H=120$ м Харківської «Теплоелектроцентралі №3 з розробкою рекомендацій по ремонту та подальшої безпечної експлуатації» (г/д № 37/08, 2008 р.).

3. Наукова новизна досліджень

Наукова новизна одержаних результатів полягає:

- у вдосконаленні методів визначення основних параметрів та взаємозв'язку силових, динамічних, корозійних, температурних та експлуатаційно-механічних впливів на металеві димові і вентиляційні труби та їх несучі вежі;

- в проведенні статистичної оцінки величин і типів дефектів та характеру пошкоджень на основі фактичних даних обстежень металевих димових труб та їх несучих веж, у встановленні гранично допустимих значень дефектів та пошкоджень в залежності від технічного стану та ступеню небезпеки пошкоджень;

- у вдосконаленні методу врахування силових напружень та зварювальних напружень при підсиленні металевих конструкцій, конструктивних і технологічних рішеннях усунення пошкоджень.

4. Практичне значення роботи

Практичне значення теоретичних і експериментальних розробок викладених в роботі полягає у підвищенні надійності роботи металевих димових і вентиляційних труб та їх несучих веж, в забезпеченні безпечної експлуатації і збереженні висотних споруд, оцінці довговічності та залишкового ресурсу при різних термінах експлуатації на основі виявлених дефектів і пошкоджень та даних про технічний стан.

5. Достовірність та обґрунтованість результатів

Достовірність результатів роботи і обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій, викладених у дисертації, забезпечуються: використанням в натурних обстеженнях і експериментальних дослідженнях сучасних методів і методик, сертифікованих приладів та устаткування; достатньою статистичною кількістю досліджуваних елементів і високою збіжністю результатів обстежень та замірів, відповідністю результатів теоретичних і експериментальних досліджень, використанням сучасних програмних комплексів для моделювання НДС з урахуванням фактичних пошкоджень і спільної роботи металевих димових труб і веж.

6. Повнота відображення результатів роботи у опублікованих працях

Основні положення, результати та висновки дисертаційної роботи відображені в 48 наукових публікаціях, з них 27 – в наукових фахових виданнях України (3 – у виданнях, включених до міжнародних наукометричної бази *Google Scholar*, *Crossref*), 13 – в зарубіжних наукових виданнях (3 – у виданні включеному до наукометричної бази *PINЦ*), 8 праць апробаційного характеру.

7. Оцінка змісту дисертації.

Дисертація складається зі вступу, 6 розділів, висновків, списку використаних джерел і 3 додатків. Повний обсяг роботи складає 356 сторінки, в тому числі, 264 сторінок основного тексту, 107 рисунків, 16 таблиць, список використаних джерел з 212 найменувань та 3 додатків на 92 сторінках.

У вступі обґрунтовано сутність науково-прикладної проблеми, актуальність теми, зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами; сформульовано мету й завдання досліджень; визначено об'єкт, предмет і методи досліджень; визначено наукову новизну отриманих результатів і їх практичне значення; наведе-

но дані про публікації й апробацію результатів роботи, особистий внесок автора; визначено структуру та обсяг дисертації.

Зауваження:

- у вступі на стор. 31 в практичному значенні роботи вказано, що матеріали використано при розробці ДБН, ДСТУ, доцільно було б подати як підтвердження довідки-листи чи перелік авторських колективів, до яких включено автори.

Перший розділ присвячений сучасному стану об'єкта дослідження та його розвитку; визначені загальні характеристики конструктивних і технологічних рішень металевих димових і вентиляційних труб та їх несучих веж; обґрунтовано вимоги при виборі матеріалів для конструкцій; проведено аналіз дії та величин постійних, змінних тривалих і короткочасних навантажень, епізодичних впливів, динамічних, корозійних, температурних і експлуатаційно-механічних впливів протягом тривалого терміну експлуатації; виконано аналіз взаємодії між силовими і температурними впливами, а також напруженнями; виконано аналіз результатів досліджень роботи та забезпечення надійності металевих димових і вентиляційних труб та їх несучих ґратчастих веж, проведених вітчизняними і зарубіжними вченими.

Зауваження до розділу 1:

- на стор. 36-60 подано опис технічних характеристик димових труб з рисунками з єдиним посиланням на джерело [122] на стор. 49, хоча розділ стосується існуючих конструктивних рішень, доцільно було б подати посилання на інші джерела, з яких вони взяті;

- тема дисертації стосується надійності, а в огляді розділу цій тематиці присвячено одну сторінку стор. 90-91, на наш погляд потрібно було більше уваги приділити надійності.

Другий розділ. Теоретичні дослідження у другому розділі спрямовані на подальший розвиток методів оцінки напружено-деформованого стану стиснутих (елементи веж) та стиснуто-зігнутих (димові труби) конструкцій на основі рішення просторової задачі механіки твердого тіла. У розділі наводяться результати розрахунку металевих димових труб сучасними програмними комплексами (SCAD, ЛІРА САПР, Selena-Result) з урахуванням дефектів та пошкоджень, просторової і спільної роботи конструкцій.

Зауваження до розділу 2:

- на стор. 95 автор вказує, що розглядається чотиривимірний простір X^α ($\alpha = 1,2,3,0$) – доцільно було б дати роз'яснення, що приймається за принаймні четвертий вимір;

- п. 2.1 та 2.2 насичені виведенням значної кількості формул, однак з тексту не зрозуміло, що належить автору;

- в п. 2.3 надається приклад розрахунку з використанням програмних комплексів, яких в цілому можна було подати в додатках, а в тексті зробити аналіз виконаних розрахунків. Крім цього, доцільно було би виконати порівняльні розрахунки за методиками, викладеними в п.2.1 та 2.2, інакше не зовсім зрозуміло для чого вони подані.

У третьому розділі виконано аналіз основних закономірностей багатоциклової і малоциклової пошкоджуваності металу конструкцій висотних споруд під дією динамічних навантажень з урахуванням втомної міцності, виконано аналіз утворення та розвитку пошкоджень від корозійних процесів під дією атмосферних впливів та продуктів згоряння, виконано аналіз розвитку тріщиноподібних пошкоджень у зварних швах.

Зауваження до розділу 3:

- в розділі як і в подальшому тексті дисертації використовуються старі позначення B_m , B_v , яких не існує в сучасній нормативній базі;

- на стор. 150 вказано, що розміри пор у зварних з'єднаннях складають 0,05-0,4 мм, однак не подано інформації чи підтверджено це дослідженнями автора і яким чином та за допомогою якої апаратури ці дані отримано, не подано конкретних результатів вимірювань в реальних димових трубах. Існує тільки посилення на дослідження К.І. Єрьоміна [58].

- в цілому розділ доцільно було би ширше доповнити результатами досліджень автора, в іншому випадку він більше стосується розгляду існуючих рішень з відомих джерел.

Четвертий розділ. Грунтуючись на даних натурних обстежень, розроблено типологію дефектів і пошкоджень металевих димових труб і їх несучих веж, футеровки димових труб; проведено статистичну оцінку величин та характеру пошкоджень; удосконалено визначення категорії небезпеки основних типів дефектів і

пошкоджень; встановлено гранично допустимі значення пошкоджень в залежності від категорії небезпеки і технічного стану.

Вихідними даними для аналізу пошкоджуваності слугують матеріали висновків про технічний стан і експертиз промислової безпеки понад 100 металевих димових і вентиляційних труб і 25 несучих веж. Виявлені дефекти і пошкодження були класифіковані за різними типами і величиною пошкоджень.

Зауваження до розділу 4:

- на стор. 156 автор вказує, що металеві труби всіх компресорних станцій експлуатуються в середньо агресивному середовищі, однак не вказано про чинники, які його викликають;

- на стор. 164 вказано, що максимальний корозійний знос знаходиться на рівні днища і входу газоходу, однак відсутній аналіз чому саме в цих місцях;

- в розділі приділено увагу корозійним пошкодженням зовнішньої поверхні труб, однак не менш серйозними корозійними пошкодженнями є внутрішні поверхні труб, особливо в місцях пошкодженого футерування та захисту, а в роботі ці результати недостатньо висвітлені;

- в п 4.6 автор подає дві класифікації технічних станів згідно діючих норм: згідно ДСТУ-Н В.1.2-18:2018 – нормальний, задовільний, непридатний для нормальної експлуатації, аварійний, згідно СТО СРО ЕТМП 03-16: справний, працездатний, обмежено працездатний, непрацездатний, граничний, а в п. 10 висновків подано третю класифікацію: гарантований, граничний, незабезпечений – не зовсім зрозуміло на підставі чого ці стани взяті.

П'ятий розділ присвячений розробці фізико-статистичного методу оцінки надійності елементів металевих димових труб і несучих веж та методів управління їх старінням, розробці методики визначення довговічності металевих димових труб і несучих веж з урахуванням різних комбінацій сумісної дії впливів – силового $(dH/dt)_c$, корозійного $(dH/dt)_n$, температурного $(dH/dt)_k$ і динамічного впливів; визначення довговічності металевих димових труб з прогарами у стінці; довговічності димових труб за критеріями механіки руйнування; розробці методики визначення залишкового ресурсу T металевих димових і вентиляційних труб з урахуванням пошкоджень і терміну експлуатації.

Зауваження до розділу 5:

- в розділі подається значна кількість формул, що стосується оцінки технічного стану димових труб, однак не зрозуміло, які залежності виведені автором;
- в п.5.4 розглядається корозійний вплив при загальній втраті стійкості труби, однак при корозійних процесах і зменшенні товщини стінок може відбуватись втрата місцевої стійкості ділянок труб – доцільно було б розглянути цей фактор або спростувати його;
- на стор. 238 сказано «... обробляючи результати малоциклових випробувань зразків ...», однак в тексті дисертації ці результати відсутні.

Шостий розділ спрямовані на розробку конструктивних і технологічних рішень підсилення металевих димових і вентиляційних труб та їх несучих веж з особливо небезпечними пошкодженнями – прогарами, тріщинами в основному металі і зварних швах, утратою загальної стійкості стовбура труби. Розроблено методику урахування силових та зварювальних напружень при різних варіантах підсилення димових труб.

Зауваження до розділу 6:

- на рис. 6.8 стор. 257 при підсиленні накладкою наскрізного отвору рекомендується заводити накладку на 20-40 мм за межі отвору, однак часто отвори можуть бути наслідком корозії і на цій відстані товщина стінки може бути ще вражена корозією і бути меншою від проектної – як бути в цих випадках;
- в п.6.3 багато уваги приділено зварним швам при виконанні підсилення, однак не розглядається метал труби на межі плавлення шва, в якому при зварюванні відбуваються зміни механічних характеристик. Крім цього, як в самому зварному шві так в металі на межі плавлення утворюються додаткові електричні потенціали від зварювання, які прискорюють електрокорозію – доцільно було б розглянути і цей фактор;
- на стор. 254 при тріщинах в зварних швах рекомендується висвердлити отвори на краях тріщини, вирубати зварний шов; відновити його – можливо при наявності тріщин в металі теж можна використати цю методику замість використання приварювання накладок.

Загальні висновки по дисертації в цілому підсумовують отримані в роботі результати виконаних досліджень, однак не в повній мірі пов'язані із висновками по розділах.

Зміст автореферату відповідає дисертаційній роботі.

8. Висновок

Дисертація є завершеною науковою роботою і відповідає вимогам пп. 9, 10, 12 «Порядку присудження наукових ступенів та присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 р. №567 до докторських дисертацій, містить нові науково обґрунтовані результати та вирішує важливу науково-технічну проблему забезпечення надійності металевих димових і вентиляційних труб та їх несучих веж протягом тривалого терміну експлуатації, *а її автор – Яровий Сергій Михайлович, заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди.*

Офіційний опонент

д.т.н., професор,
директор Інституту будівництва
та інженерії довкілля
Національного університету
«Львівська політехніка»



З.Я. Бліхарський

Підпис д.т.н., проф. Бліхарського З.Я. засвідчую:

Вчений секретар
Національного університету
«Львівська політехніка»



Р.Б. Брилинський