

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

ЦЮПИНА ЄВГЕНА ІВАНОВИЧА

на тему: **«ДІЙСНА РОБОТА ВУЗЛІВ ФЕРМ З ТРУБ З ПОЧАТКОВИМИ
НЕДОСКОНАЛОСТЯМИ»,**

представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю

192 – будівництво та цивільна інженерія,

галузь знань 19 – Архітектура та будівництво

Детальний аналіз дисертації Цюпина Євгена Івановича «Дійсна робота вузлів ферм з труб з початковими недосконалостями» дозволяє сформулювати наступні узагальнені висновки щодо актуальності, ступеня обґрунтованості основних наукових положень, висновків, рекомендацій, достовірності, наукової новизни, практичного значення, а також загальної оцінки роботи.

Актуальність теми дисертаційного дослідження

Удосконалення методів розрахунків з метою продовження термінів експлуатації сталевих конструкцій є актуальною задачею будівництва. Сталеві ферми з трубчастих елементів належать до ефективних конструктивних систем, які застосовуються у покриттях будівель і споруд різного призначення. Для таких конструкцій необхідно виконувати комплексні дослідження, які поєднують не тільки удосконалення власне методик розрахунків конструкцій в цілому та їхніх вузлів, але й прогнозування роботи антикорозійного покриття, підвищення якості якого може суттєво вплинути на довговічність роботи таких систем.

Тому, такі комплексні наукові дослідження у напрямі моделювання параметрів конструкцій сталевих ферм з трубчастих елементів для уточнення дійсної її роботи із можливістю прогнозування ресурсу експлуатації є актуальною науковою задачею.

Доцільність вибору теми дослідження та її актуальність підтверджується тим, що вона відповідає науковому напрямку кафедри в межах науково-дослідної теми: «Розвиток теорії вибору раціональних ресурсозберігаючих конструкцій сталевих рам з використанням ефективних двотаврових профілів енергоекономічних будівель» (номер держреєстрації: 0121U111715), що виконується на підставі наказу КНУБА від 03.06.2021 № 243.

Наукова новизна одержаних результатів

Як наукову новизну слід відзначити:

- встановлення закономірності взаємозв'язку між деформованою віссю стрижня та навантаженням за різних початкових відхилень жорсткої опори;
- розробку методологічного підходу числових досліджень критерію стійкості центрально-стиснутого стрижня за умов жорсткого закріплення з однієї сторони опори та пружною з другого;
- розробку методологічного підходу щодо забезпечення можливості визначення деформованого стану центрально-стиснутих стрижнів при максимальних початкових відхилень, що виникають під час виготовлення, монтажу або експлуатації конструкції;
- розробку методики підвищеної точності розрахунку зварних швів фланцевих з'єднань із врізаними ребрами жорсткості в сталевих фермах із трубчастих порожнистих елементів;
- розробку методики оцінки фізичного зносу оцинкованого покриття поверхні сталевих конструкцій.

В роботі виконано удосконалення й узагальнення:

- методологічного підходу до оцінки впливу натурних початкових ексцентриситетів та кутів повороту перерізу на опорах для елементів сталевих ферм із жорсткими вузлами;
- чисельних методів оцінки жорсткості вузлів з'єднання та встановленню формування зон концентрації напружень;
- фізико-математичної моделі фізичного зносу цинкового покриття поверхні елементів і вузлів сталевих дорожніх конструкцій в умовах експлуатації міста на відкритому просторі та на основі експериментальних даних.

Практичне значення результатів досліджень

Практичне значення і цінність результатів роботи полягає в підвищенні ефективності та надійної роботи просторових сталевих ферм із трубчастих елементів і жорсткими вузлами за рахунок аналізу результатів числових досліджень розподілення напружено-деформованого стану вузлових з'єднань та удосконалення на базі цього методики розрахунку зварних швів у фланцевих вузлових з'єднаннях.

Запропоновані фізико-механічні та фізико-математичні моделі зносу цинкового покриття надають можливість прогнозування довговічності сталевих елементів у агресивних середовищах, що може стати допомогою під час планування термінів технічного обслуговування та ремонту конструкцій.

Отримані результати можуть бути використані при проєктуванні та перевірних розрахунках сталевих конструкцій.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації

Обґрунтованість наукових положень і достовірність теоретичних результатів, висновків і рекомендацій полягає в тому, що вони сформульовані здобувачем на основі теоретичних розрахунків на основі сучасних програмних комплексів. Отримані дані підтверджуються їх взаємоузгодженням та кореляцією основних закономірностей досліджених процесів з даними інших дослідників.

Автором виконано достатньо широкий аналіз літературних джерел із досліджуваної тематики.

Дисертація вміщує достатню кількість розрахункових моделей, графічного пояснювального матеріалу, таблиць. Це свідчить про ґрунтовний підхід до отриманих теоретичних результатів, достатню обумовленість висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Аналіз змісту та завершеності дисертації

Дисертація, підготовлена Цюпиним Є.І. складається зі вступу, п'ятих розділів, загальних висновків, списку використаної літератури (76 найменувань). Загальний обсяг роботи становить 180 сторінок, у тому числі основна частина складає 168 сторінок.

Зміст анотацій українською та англійською мовами є ідентичним і повною мірою відображає зміст дисертації та достатньо висвітлює її основні результати та висновки.

У *вступі* ґрунтовно викладено актуальність теми, показаний в'язок роботи з науковими програмами, планами та темами, науково сформульовано мету, яка відповідає обраній темі, та розкрита у завданнях, викладено об'єкт та предмет дослідження, публікації та апробацію наукових розробок.

У *першому розділі* автор виконав огляд проблематики та сучасного стану досліджень конструктивних рішень ферм з жорсткими вузлами та аналіз сучасної методології їхнього розрахунку.

Проаналізовано існуючі підходи щодо визначення стійкості сталевих центрально-стиснутих стрижнів у пружній області з урахуванням початкових недосконалостей. Досліджено розвиток теорії стійкості стрижнів з урахуванням розвитку обмежених пластичних деформацій.

Узагальнено існуючі конструктивні варіанти вузлів ферм із жорсткими з'єднаннями та встановлено необхідність проведення додаткових досліджень для розрахунку конструкцій фланцевих вузлів ферм.

Проведено аналіз впливу дефектів та пошкоджень на експлуатаційні характеристики ферм.

Проаналізовано заходи антикорозійного захисту сталевих конструкцій з цинковим покриттям.

На основі виконаного огляду сформульовані висновки, які підтверджують визначені цілі та завдання дисертаційної роботи.

У *другому розділі* розглянута робота просторового сталевих блоку ферм з труб при уточненні розрахункової схеми.

Автор виконав розрахунки трьох ферм із різними схемами, різними закріпленнями решіток та поясів ферм. На підставі розрахунків визначена раціональна конструктивна та розрахункова схема сталевих блоку ферм покриття із сталевих труб.

Розрахунки дозволили встановити нову закономірність залежності коефіцієнтів розрахункової довжини стрижнів залежно від жорсткості пружного обпирання, а саме те, що всі криві критерію стійкості для центрально-стиснутого елемента, який має одну жорстку та одну пружну опору, перетинаються в одній фокусній точці. Координата цієї точки збігається зі значенням параметра стійкості елемента, що має дві жорсткі опори.

Застосування запропонованого методологічного підходу дає змогу враховувати початкові додаткові згинальні моменти та ексцентриситети, що виникають у процесі виготовлення конструкцій, і оцінювати їхній вплив на загальну стійкість стрижневих елементів.

Розроблений методологічний підхід на підставі дослідження коефіцієнтів розрахункової довжини стиснутих елементів сталевих ферм з урахуванням пружного обпирання дозволяє врахувати жорсткість вузлів сталевих ферм та поворот перерізів при деформуванні сталевих ферм під навантаженням.

У *третьому розділі* визначено вплив початкових недосконалостей на напружено-деформований стан стиснутих елементів ферм з труб.

Автором розвинений існуючий підхід до оцінювання впливу натурних початкових ексцентриситетів і кутів повороту перерізу на жорстких опорах для елементів сталевих ферм із жорсткими вузлами на деформований стан стрижня за умови заданих характеристик пружної опори.

За результатами виконаних числових досліджень оцінювання впливу навантажувального фактору на деформований стан пружного стрижня, встановлені закономірності щодо зв'язку між

деформованою віссю стрижня та навантажувальним фактором за різних значень початкових відхилень жорсткої опори.

Отримані результати надають змогу визначати напружено-деформований стан центрально-стиснутих стрижнів за наявності максимальних початкових відхилень, що виникли під час їх виготовлення, монтажу або експлуатації конструкції.

У четвертому розділі виконано моделювання роботи фланцевих вузлів ферм із попереднім напруженням.

На основі цього числового моделювання автор обґрунтував теоретичний підхід, спрямований на підвищення точності оцінювання напружено-деформованого стану та несучої здатності зварних швів у фланцевих з'єднаннях із врізаними ребрами жорсткості сталевих ферм, виконаних із порожнистих трубчастих профілів.

Такий підхід забезпечує під час розрахунків оцінити просторову нерівномірність розподілу зусиль у зварних швах, що формують приєднання фланцевого вузла до трубчастих елементів. Проведений аналіз результатів із використанням числового моделювання методом скінченних елементів засвідчив їхній якісний взаємний збіг.

Запропонований метод може бути застосований під час розрахунку зварних швів багатоболтових фланцевих вузлів із ребрами жорсткості у сталевих фермах, елементи яких виконані з круглих, квадратних або прямокутних порожнистих гнutoзварних замкнених профілів.

Виконані автором дослідження характеристик жорсткості фланцевих вузлів з попереднім напруженням болтів та обрізаними фланцями з їх розкриттям, надає можливість виконувати аналіз загальної жорсткості з'єднання, аналізувати напруження в вузлових з'єднаннях та узагальнювати розподіл напружень, не змінюючи переріз основного несучого елементу.

У п'ятому розділі виконано моделювання зносу цинкового покриття поверхні елементів і вузлів просторового сталевих блоку ферм з труб.

Моделювання зносу цинкового покриття здійснено на підставі натурних обстежень його фізичного зносу на поверхні елементів блоків сталевих ферм дорожніх інформаційно-безпекових систем після більш ніж десятирічної роботи в умовах міста Києва.

Встановлена середня товщина цинкового покриття для ферм і сталевих колон, діапазони товщини цинкового покриття, терміни його експлуатації як для всієї конструкції, та для окремих горизонтальних фасонки в'язей по верхньому поясу ферм.

За результатами інструментальних неруйнівних досліджень встановлено агресивність експлуатаційного середовища для сталевих блоків ферм покриття і оцинкованих сталевих колон, категорії агресивності атмосферного середовища.

Удосконалено фізико-математичну модель фізичного зносу цинкового покриття поверхні елементів і вузлів сталевих дорожніх конструкцій в умовах реального середовища міста для прогнозування інтенсивності зносу покриття і встановлення термінів його експлуатації.

У загальних висновках сформульовано основні наукові результати дослідження відповідно до поставлених завдань.

У дисертаційній роботі відсутні ознаки порушення академічної доброчесності. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів має посилання на відповідне джерело.

Повнота викладення наукових положень, висновків і рекомендацій дисертації в опублікованих працях

Основні результати, наукові положення, висновки та рекомендації достатньо повно відображено у 16 працях (з яких 3 – одноосібні), 2 статті у наукових виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України категорії «А», яке цитується у реферативній базі Web of Science, 6 статей опубліковані в наукових виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України категорії «Б» та 8 тез та публікацій міжнародних конференцій.

Наукові публікації Цюпина Є.І відповідають вимогам п. 8 «Порядку присудження ступеня доктора філософії...», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 року.

Наведені у дисертації розробки пройшли апробацію на конференціях міжнародного рівня, де доповідалися основні положення та результати досліджень.

Дискусійні положення та зауваження до дисертації.

1. Вступ, стор. 15.; розділ 1.3, стор.28; Надійність і довговічність. Типове неправильне словосполучення. Довговічність є одним з показників надійності. З точки зору норм правильно сформулювати «Довговічність, як один з показників надійності....».

2. Вступ, стор. 15. Фраза: «... що призводить до зниження залишкового ресурсу елементів». За текстом мова йде про проєктний ресурс.

3. Розділ 1.2, стор. 25. Фраза: «Конструктивне рішення вузлів визначає надійність, жорсткість і довговічність....». Див. зауваження 1.

4. Розділ 1.2, стор. 26. У переліку початкових недосконалостей вузлів трубчастих ферм відсутні такі поширені недосконалості як непровари зварних швів, не співвісність елементів та місцеві вм'ятини в зоні вузлів. Тим більше, що такий дефект як непровар розглядається у подальшому.

5. Таблиця 1.2., стор. 35-36. Таблиця оформлена не за вимогами (перенос на іншу сторінку).

6. Таблиця 1.2., стор. 35-36. Деякі рекомендації щодо усунення дефектів сумнівні (наприклад, втома).

7. Розділ 1.4., стор. 36. Вказаний ISO 9223 діє обмежено. Для сталевих конструкцій в Україні переважно застосовують ДСТУ ISO 12944.

8. Розділ 2.1. Рисунки із результатами розрахунків можна було б надати у відповідному додатку.

9. Розділ 2.2, стор. 55, 56. Для стержневих систем прольот 24-60 метрів не можна вважати, як середній.

10. Розділ 5.1, стор.153 – повторення тексту стор. 36, таблиця 1.3.

11. У тексті дуже часто використовується фраза «чисельні дослідження» або чисельні розрахунки» (тобто багато досліджень або розрахунків) замість числові розрахунки.

Але, всі вище перелічені зауваження мають переважно редакційний характер та синтаксичне корегування.

Принциповими зауваженнями стосовно змісту роботи з мого боку є наступне:

1. Вступ, стор. 16. Основні завдання дослідження. Фраза: «Визначити закономірності впливу напружено-деформованого стану фланцевих вузлових з'єднаннях із врізаними ребрами жорсткості, зокрема з урахуванням початкових недосконалостей», визначити вплив на що?

Можливо замість впливу потрібно зміни? Але для основних завдань дослідження такі помилки неприпустимі.

2. Розділ 1.2, стор. 25. Стосовно проєктування ферм із шарнірними та жорсткими вузлами. Тип з'єднання елементів ферм та умови розрахунків визначається не традиціями проєктування а співвідношенням жорсткості елементів у вузлі - ДБН В.2.6-198:2014 п. 17.3.2. та для трубчастих ферм – п. 17.3.5. та Додаток Ф.

3. Розділ 1.3, стор. 28. Фраза: «...вибір перерізів, нераціональне розміщення вузлів, занижені розміри зварних швів чи болтів...» - це не конструктивні дефекти – це помилки проєктувальника, які неприпустимі. Так само зауваження стосується і опису виробничих і монтажних дефектів – переважно перелічені дефекти – це неприпустимі порушення правил контролю виготовлення і монтажу.

4. Розділ 2.1 (стор. 40, 41), розділ 5. Необхідно за тестом наукової праці більш коректне застосування автором понять «ресурс», «термін експлуатації», «час експлуатації», «період експлуатації», «строк експлуатації». Ресурс – це нормоване визначення для будівельних конструкцій, яке пов'язано із терміном експлуатації. Автор повинен для кожної ситуації чітко зазначати про який саме ресурс йде мова – проєктний, початковий чи залишковий та запобігати зайвому вживанню різних часових комбінацій із словом «експлуатація», замінюючи його відповідним ресурсом. Так, наприклад, вислів «термін експлуатації не може бути подовжений» (висновки по прикладам глави 5, у наявних прикладах) не є коректним, в даному випадку мова йде про залишковий ресурс. Продовжуючи тему ресурсу, можна було б у роботі саме зазначити, як зменшення шару цинкового покриття впливає на проєктний ресурс, і коли саме потрібно виконувати роботи з першого технічного обстеження та яким чином призначати залишковий ресурс для конструкцій, що розглянуті у роботі.

5. У главі 4 наведені результати числових теоретичних розрахунків великої кількості фланцевих вузлів із різними варіантами кріплень болтів та ребр жорсткості із різними їхніми розмірами. Як логічним результатом завершення цих розрахунків була б наявність чітко сформульованих висновків – методики для проєктувальників, стосовно того, яке саме рішення фланцевого вузла є раціональним для використання. У висновках до глави стверджується, що створена нова методика розрахунку, але, реально, ця методика прихована у самих розрахунках і у явному вигляді у розділі її не видно.

6. Розділ 5.1, стор. 152. Фраза «У глобальній практиці простежується стійка тенденція до зростання сукупних витрат...» і далі «При цьому матеріальні затрати на заходи захисту від корозії виявляються у кілька разів більшими, ніж витрати...». По-перше, не зрозуміло що таке «глобальна практика», а по-друге, якщо мова йде про порівняння витрат, то обов'язково мають бути надані ці витрати у грошовому еквіваленті. Якщо цього у подальшому не робиться, то такі вислови є безпідставні.

7. Глава 5. Удосконалена методика оцінки фізичного зносу оцинкованого покриття поверхні сталевих конструкцій не основі натурних досліджень. Одним з результатів цієї роботи є визначення зон конструкцій із різною швидкістю руйнування захисного покриття. Зонування конструкцій – важливий висновок щодо оцінки залишкового ресурсу конструкцій та вимог щодо нанесення покриттів. Бажано було б зробити порівняння отриманих результатів із результатами та висновками аналогічних досліджень, що надані у роботах Шаповалова С.М., Корольова В.П., Гібаленка О.М. та інших фахівців. Корисно було б надати рекомендації щодо умов створення захисних покриттів для відповідних зон конструкцій, що досліджені.

8. Відсутність порівняння отриманих теоретичних розрахунків (глави 2-4) із реальними експериментальними дослідженнями напружено-деформованого стану конструкцій. Зрозуміло, що натурний експеримент потребує окремих не малих матеріальних ресурсів та часу, але для повністю співставного наукового аналізу та висновків щодо удосконалення методик розрахунків вузлів та фланцевих з'єднань, що розглянуті у роботі, це, безумовно, потрібно. Сподіваюсь, що ці дослідження автор виконає у своїй подальшій роботі.

Загальний висновок

Результати аналізу дисертації, анотацій українською та англійською мовами, опублікованих праць, дають підстави для висновку про те, що дослідження Цюпина Євгена Івановича «Дійсна робота вузлів ферм з труб з початковими недосконаlostями», представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія, галузь знань 19 – Архітектура та будівництво є завершеним самостійним науковим дослідженням.

За рівнем наукової новизни отриманих результатів та їхнього практичного значення дисертація «Дійсна робота вузлів ферм з труб з початковими недосконаlostями» містить наукову новизну, має теоретичне та практичне значення, розв'язані в роботі задачі мають практичне значення для будівельної галузі знань.

Дисертація відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії...» (із змінами), затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року № 44, а її автор – Цюпин Євген Іванович заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія.

Офіційний опонент

доктор технічних наук, професор,
професор кафедри «Будівельні конструкції,
будівлі та споруди» Івано-Франківського
національного технічного університету нафти і газу
Міністерства освіти і науки України

Сергій Колесніченко

Підпис Сергія Колесніченка засвідчую
Проректор з наукової роботи
Івано-Франківського національного
технічного університету нафти і газу,
д.т.н., професор



Олександр Кондрат