

ВІДГУК
офіційного опонента доктора технічних наук, професора
Білика Сергія Івановича
на дисертаційну роботу
СИДОРАКА ДМИТРА ПАВЛОВИЧА «РАЦІОНАЛЬНІ
СТАЛЕВІ КОМБІНОВАНІ КРОКВЯНІ ФЕРМИ»,
поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія
(19 – Архітектура та будівництво)

1. СТУПІНЬ АКТУАЛЬНОСТІ ТЕМИ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Найбільш раціональним та ефективним рішенням будівельних конструкцій перекриттів громадських і промислових будівель, а також окремих споруд є використання комбінованих сталевих кроквяних ферм. В будівлях цивільного призначення це створення конструкцій покриттів актових та спортивних залів, в басейнах, оздоровчих комплексах. В промислових будівлях це конструкції покриттів приміщень різного виробничого призначення.

Слід також відмітити, що актуальним напрямком створення раціональних конструкцій сталевих ферм покриттів будівель залишається створення ефективних конструктивних металевих систем з прольотами до 30 ...50 м.

Також практика будівництва показує необхідність мати в арсеналі нові ефективні конструктивні рішення при будівництві в сейсмічних районах та з підвищеними навантаженнями. Важливим є врахування різних схем навантаження на покриття. Тобто, конструкції ферм покриття повинні мати універсальні властивості: при цьому залишатися конкуренто-спроможними за витратами сталі та ціною категорією, у тому числі на етапах виготовлення і будівництва.

Враховуючи окреслену проблематику сучасного будівництва та потребу розвитку будівельної галузі, автор звернув увагу на сталеві комбіновані конструкції кроквяних ферм покриття з раціональною конструктивною системою. Як показав огляд літературних джерел дослідження нових різних конструктивних систем покриттів будівель є, але для пошуку найкращих рішень конструкцій кроквяних сталевих комбінованих ферм покриття необхідно провести додаткові дослідження.

Таким чином, напрямок наукових досліджень і тема представленої дисертації є актуальною, сформульована проблематика досліджень є важливою, а наукові завдання є новими.

Розвиток і проведення наукових досліджень за приведеними напрямками є актуальними в умовах раціонального використання

національного багатства Держави через розробку ефективних будівельних конструкцій у сфері ресурсозбереження.

2. ЗВ'ЯЗОК РОБОТИ З НАУКОВИМИ ПРОГРАМАМИ, ПЛАНАМИ, ТЕМАМИ

Тема дисертації відповідає важливим пріоритетним завданням державної науково-технічної політики у сфері ресурсозбереження. Дисертаційна робота виконана на кафедрі будівельного виробництва національного університету «Львівська політехніка» згідно з тематикою «Технологія будівництва, дослідження прогресивних конструкцій, матеріалів та методів зведення будівель та споруд».

3. МЕТА РОБОТИ. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ. ПРЕДМЕТ ТА ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕНЬ

Головною метою дисертації є розробка і дослідження раціональних комбінованих сталевих конструкцій ферм покриттів зі зменшеними витратами сталі та працемісткості виготовлення.

Об'єктом дослідження – є робота раціональних комбінованих сталевих кроквяних ферм покриття, які працюють на статичні навантаження.

Предметом дослідження – є підвищення ефективності комбінованих сталевих кроквяних ферм покриття шляхом розробки нових раціональних конструктивних систем з розрахунковим регулюванням їх напружено-деформованого стану (НДС).

Основні нові наукові завдання. Відповідно до поставленої мети автор сформулював такі основні нові наукові задачі:

- провести пошук раціональної геометричної схеми комбінованої сталеві ферми з мінімальною кількістю елементів;
- виконати структурно-параметричний синтез раціональної топології комбінованої сталеві ферми при прольоті 30 м. Встановити раціональні геометричні параметри розрахункові схеми з врахуванням її конструктивного рішення;
- розробити нову ефективну конструктивну форму сталеві кроквяної ферми мінімальної металоємності з мінімальною кількістю елементів;
- провести дослідження і визначити раціональні методи розрахункового регулювання НДС в комбінованій сталеві фермі, виконати числові дослідження запропонованої сталеві конструкції ферми при прольоті 30 м;
- виявити дійсний напружено-деформований стан раціональних комбінованих сталевих ферм з розрахунковим регулюванням напружень на основі експериментальних випробувань модельних зразків; провести

порівняльний аналіз результатів експериментальних випробувань і теоретичних досліджень комбінованих сталевих ферм;

– встановити область раціонального використання комбінованих сталевих комбінованих ферм і визначити їх техніко-економічну та екологічну ефективність порівняно з традиційними кроквяними фермами;

– розробити рекомендації для розрахунку та проектування раціональних комбінованих сталевих ферм.

Методи дослідження. Теоретичні розрахунки та дослідження виконувались за допомогою програмних комплексів, головним чином ПК «Ліра-САПР» методом скінчених елементів. Практичні випробування зразків комбінованих сталевих ферм виконувались загально прийнятими методами випробування сталевих конструкцій. Визначення та аналіз напружено-деформованого стану виконувалось методами електротензометрії. Методика дослідження базується на порівняльному аналізі техніко-економічних показників за матеріаломісткістю, трудомісткістю та вартістю традиційних – типових та полегшених комбінованих сталевих ферм і методах вибору раціональних конструктивних систем.

4. НАУКОВА НОВИЗНА РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

У представленій науковій праці вирішено нові науково-прикладні задачі. Комплекс виконаних нових експериментальних та теоретичних досліджень дав Автору дисертації змогу вперше отримати ряд нових закономірностей **роботи** комбінованих сталевих кроквяних ферм **та сформулювати наукову новизну роботи:**

- удосконалено і розроблено нові конструктивні рішення на основі розрахунку, пошуку ефективних раціональних значень геометричних параметрів;
- визначено раціональну топологію комбінованих сталевих ферм та жорсткісні характеристики балки жорсткості;
- розроблено новий метод розрахункового регулювання НДС в раціональних комбінованих сталевих фермах;
- на базі сформульованих наукових задач розроблено методику проектування раціональних комбінованих сталевих ферм (за результатами теоретичних і експериментальних досліджень) та визначені принципи їх використання замість типових конструкцій;
- науково обґрунтовано новий підклас раціональних комбінованих сталевих ферм.

5. ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Структура та обсяг дисертації. Основна частина дисертаційної роботи викладена на 202 сторінках друкованого тексту та складається із

вступу, п'яти розділів, висновків. Повний обсяг дисертації становить 261 сторінку та включає 37 таблиць, 148 рисунків, список використаних джерел із 141 найменування на 15 сторінках і п'ять додатків на 29 сторінках.

У вступі автор достатньо детально обґрунтував аспекти актуальності теми досліджень, показав взаємозв'язок з практикою будівництва. Відповідно автор сформулював нові науково-технічні завдання, що підтверджують необхідність виконання наукових досліджень за прийнятим напрямком і темою дисертації. Також сформульовано мету роботи та визначено основні завдання досліджень, описано об'єкт, предмет і методи досліджень. У вступі також приведена загальна структура і обсяг дисертаційної роботи. За результатами роботи розкрито наукову новизну отриманих результатів та їх практичне значення. Висвітлено особистий внесок здобувача у наведених публікаціях за темою дисертації. Результати наукових досліджень дисертації достатньо повно відображені у фахових публікаціях та у конференціях.

Розділ 1 присвячений детальному огляду наукової та нормативної літератури за напрямом теми досліджень. Проаналізовано сучасні тенденції розвитку сталевих конструкцій у покриттях будівель. Показано, що одним із основних напрямків вдосконалення сталевих кроквяних ферм є розвиток підходів щодо оптимізації конструктивних систем покриттів, а також мінімізація маси та зменшення працемісткості раціональної конструкції. Автор провів наукові дослідження комбінованих сталевих конструкцій (ферм) через розвиток нових підходів регулювання напружено-деформованого стану сталевій конструкції ферми за обраним критерієм. Критерієм раціональності комбінованої сталевій ферми прийнято одночасне досягнення напруженнями граничного стану матеріалу балки жорсткості в розрахункових перетинах для основного навантаження. На основі результатів виконаного аналізу обґрунтована актуальність теми, визначені мета та обґрунтовані завдання дослідження.

В другому розділі роботи розроблена комплексна методологія досліджень комбінованих сталевих ферм покриття. Запропоновано критерій раціональності комбінованої конструкції – одночасне досягнення граничного стану балок в розрахункових перетинах балки жорсткості для основного навантаження. Досліджено і одержано раціональні параметри комбінованих сталевих ферм прольотом 30 м. Конструкція сталевій ферми має нову топологію, яка раніше не була досліджена. Автор провів такі наукові дослідження з визначення раціональних параметрів сталевих ферми покриття: кількість панелей, кут нахилу решітки, та отримав важливе співвідношення між балкою жорсткості верхнього поясу і масою всієї ферми. Важливим є висновок про застосування розробленого методологічного підходу з визначення раціональної топології сталевій ферми покриття для пошуку найкращих варіантів інших конструкцій.

У розділ 3 продовжені дослідження пошуку нової топології раціональних конструкцій сталевих ферм за рахунок введення додаткових ексцентриситетів приєднання решітки ферми до верхнього поясу. Це важливий підхід, оскільки відкриває можливість до створення цілого підкласу комбінованих конструкцій. Автор показав у дослідженнях, що ефект раціональності досягається, як за рахунок регулювання напруженого стану топології в цілому конструкції ферми покриття, так і за рахунок ексцентриситетів у вузлах приєднання решітки до верхнього поясу. Розроблена нова конструкція ферми дала можливість ще більше покращити техніко-економічні показники комбінованої конструкції ферми.

Розділ 4 є важливим, оскільки наведені багатогранні результати експериментальних випробувань натурних моделей зразків раціональної сталеві комбінованої конструкції ферми покриття. Експериментальними дослідженнями моделей зразків ферм покриття з раціональною комбінованою конструкцією підтвердились результати теоретичних досліджень і підходів пошуку раціональної топології сталеві ферми з урахуванням регулювання напружено-деформованого стану.

Експериментальними випробуваннями визначено значення руйнуючого навантаження та достатній коефіцієнт запасу за несучою здатністю нової комбінованої сталеві конструкції ферми покриття. Отримана достатня збіжність експериментальних і теоретичних результатів несучої здатності та деформативності моделей комбінованих сталевих ферм раціональної конструкції. Це підтвердило достовірність розробленого теоретичного методологічного підходу пошуку раціональної конструкції комбінованої сталеві ферми покриття з регулюванням зусиль та адекватність експериментального дослідження.

Розділ 5. Розділ є новим для дисертаційних робіт із дослідження раціональних будівельних сталевих конструкцій, бо в ньому розглянуто техніко-економічна ефективність раціональних комбінованих сталевих ферм покриття з позицій вартості й витрат сталі, а також їх екологічна ефективність. Наведено схеми раціональних сталевих комбінованих кроквяних ферм прольотом 12-30 м. Отримано також важливий результат щодо використання різних класів міцності сталі в таких конструкціях, що також є новим науковим результатом.

У загальних висновках зазначено основні нові наукові результати дисертаційної роботи, наукова новизна та практична реалізація дисертаційної роботи, яка присвячена вирішенню актуальної науково-прикладної проблеми, розробленню теоретично-експериментального обґрунтування можливості використання нових несучих комбінованих сталевих конструкцій ферм покриття. Такі дослідження в Україні проведені вперше.

Список використаних джерел містить 141 наукове джерело, що свідчить про достатній рівень вивчення проблематики і за темою дисертації.

У **додатках** представлені документи про впровадження у виробництво результатів науково-дослідної роботи за темою дисертації. В додатку В також наведено приклад розрахунку раціональної комбінованої ферми покриття з регулюванням напружено-деформованого стану у програмному комплексі «Ліра-САПР 2016 R5» методом скінчених елементів.

6. ОЦІНКА ЗМІСТУ ДИСЕРТАЦІЇ, ОФОРМЛЕННЯ ТА ЗАКІНЧЕНОСТІ В ЦІЛОМУ, ІДЕНТИЧНОСТІ ЗМІСТУ АВТОРЕФЕРАТУ ТА ОСНОВНИХ ПОЛОЖЕНЬ ДИСЕРТАЦІЇ АПРОБАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ. ОСОБИСТИЙ ВНЕСОК ЗДОБУВАЧА

Оцінка оформлення основних положень дисертації. За змістом та оформленням дисертаційна робота відповідають встановленим вимогам Департаменту атестації кадрів щодо обсягу і структури.

Структура та обсяг дисертації. Основна частина дисертаційної роботи викладена на 202 сторінках друкованого тексту та складається із вступу, п'яти розділів, висновків. Повний обсяг дисертації становить 261 сторінку та включає 37 таблиць, 148 рисунків, список використаних джерел зі 141 найменування на 15 сторінках і п'яти додатків на 29 сторінках.

Оцінка змісту та основних положень. Вступ містить всі необхідні елементи загальної характеристики дисертації: актуальність, мету і основні наукові завдання, наукову новизну і практичне значення, особистий внесок здобувача, дані про апробацію наукової роботи.

В анотації викладено основний зміст дисертації та сформульовано отримані нові наукові результати та наукова новизна проведених досліджень.

В розділах описані всі результати досліджень для розкриття теми дисертації, досягнення мети і отримання наукової новизни та нових наукових результатів.

За результатами дисертації автор сформулював необхідні висновки по кожному розділу дисертації, а також в прикінцевих положеннях роботи надані узагальнені нові наукові результати і висновки, які відображають основні наукові досягнення, і показують, що основна мета і всі поставлені в дослідженні завдання виконані. Автор дисертації розробив належні висновки щодо практичного використання отриманих нових наукових результатів, виконав впровадження наукових результатів у виробництво та учбовий процес, що підтверджує практичну цінність і актуальність роботи.

Апробація результатів дисертації.

Основні результати і положення дисертаційної роботи доповідались і обговорювались на міжнародних науково-практичних конференціях і семінарах: III та IV Всеукраїнські науково-практичні конференції здобувачів

вищої освіти та молодих вчених «Фізичні процеси в енергетиці, екології та будівництві» (Одеса, 2020, 2021), 6-й Міжнародний молодіжний конгрес «Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування» (Львів, 2021), 9-а Міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті» (Харків, 2021), XIV Міжнародна науково-технічна конференція «Комплексні композитні конструкції будівель та споруд в умовах воєнного стану (CSCS2022)» (Полтава, 2022), Міжнародна науково-практична конференція «ENVIRONMENT RECOVERY AND RECONSTRUCTION: WAR CONTEXT 2022» (Полтава, 2022).

Публікації. Основні положення дисертаційної роботи опубліковано і представлено у значному доробку, освітленому у 20 наукових працях, з них 7 статей у наукових фахових виданнях України, 5 – у виданнях, що входять до міжнародної наукометричної бази даних Scopus, 6 публікацій у матеріалах міжнародних конференцій та 2 патенти на корисну модель.

Особистий внесок здобувача в наукові дослідження, представлені в дисертації, полягає у формулюванні наукової гіпотези, мети досліджень, у визначенні основних наукових задач, у плануванні та проведенні експериментальних випробувань зразків комбінованих ферм, в обробці та перевірці достовірності отриманих результатів досліджень, в розробці рекомендацій з розрахунку та проектування комбінованих сталевих ферм покриття, у впровадженні результатів досліджень у виробництво.

Результати наукових досліджень, представлені в дисертаційній роботі, отримані автором особисто. В дисертації описано конкретно індивідуальний науковий вклад автора дисертації у кожен публікацію.

Робота виконана під науковим керівництвом наукового керівника – д.т.н., проф. Гоголя М.В.

7. СТУПІНЬ ОБҐРУНТОВАНІСТІ НАУКОВИХ ПОЛОЖЕНЬ, ВИСНОВКІВ І РЕКОМЕНДАЦІЙ, СФОРМУЛЬОВАНИХ У ДИСЕРТАЦІЇ, ЇХ ДОСТОВІРНІСТЬ І ПОВНОТА. ПРАКТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ОДЕРЖАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Достовірність і обґрунтованість наукових результатів та висновків, сформульованих в роботі, підтверджується використанням апробованих методологічних підходів щодо проведення теоретичних та експериментальних досліджень комбінованої сталеві кроквяної ферми, результатами випробувань на моделях, обраними відомими аналітичними методами розрахунку конструкцій та числовими методами визначення напружено-деформованого стану з використанням методу скінченних елементів, застосування апробованого обладнання і достовірних методик та методів для проведення експериментів.

Нові комплексні теоретичні та експериментальні дані випробування комбінованої сталеві кроквяної ферми, методика експерименту, методологія розрахунку; добра збіжність результатів експериментів з розрахунками за отриманою фізико-математичною моделлю; добра збіжність отриманих теоретичних та експериментальних результатів підтверджує достовірність наукових результатів роботи та правильність обраних методологічних способів та аналітичних методик розрахунку та проведення досліджень в цілому.

Апробація результатів роботи на наукових семінарах та міжнародних науково-технічних конференціях підтверджує актуальність, достовірність, новизну і практичну цінність роботи.

Практичне значення одержаних результатів. Основні результати роботи, що мають суттєве практичне значення. Практичне значення роботи є важливим аспектом завершення наукових досліджень і визнання важливості проведених наукових робіт та підтвердження їх достовірності.

- автором запропонована і розроблена раціональна геометрична схема малоелементної сталеві комбінованої ферми;

- розроблена нова (новий тип) раціональна конструктивна форма кроквяної сталеві шпренгельної комбінованої ферми прольотом 30 м, яка забезпечує зниження маси порівняно з типовою на 12-25%, працездатності на її виготовлення на 45% при кількості елементів 16 і вузлів 12 порівняно з типовою – 39 елементів та 21 вузол;

- результати теоретичних і експериментальних досліджень роботи сталевих комбінованих ферм прольотом 30 м екстрапольовано на прольоти 12 м, 15 м, 18 м, 24 м під різні величини погонного навантаження, на основі чого розроблено новий підклас таких ферм з раціональними конструктивними формами даних прольотів та постійною висотою. Виконане чисельне дослідження сталевих комбінованих ферм при даних прольотах показало, що таке конструктивне рішення дозволяє зменшити затрати сталі на 15-27 %. Це досягнуто за рахунок нової раціональної конструктивної форми, розрахункового регулювання НДС з раціональним розподілом внутрішніх зусиль;

- розроблено рекомендації для розрахунку та проектування комбінованих сталевих кроквяних ферм;

- теоретичні дослідження та результати випробувань мають практичне значення для ряду дисциплін на кафедрі БВ національного університету «Львівська політехніка».

8. ДИСКУСІЙНІ ПОЛОЖЕННЯ ТА ЗАУВАЖЕННЯ ПО ДИСЕРТАЦІЙНІЙ РОБОТІ.

У процесі аналізу результатів наукової праці виникли такі зауваження, які потребують дискусії і пояснень.

1. У першому розділі слід було більше показати конструктивні особливості вузлів існуючих комбінованих конструкцій.

2. Розділ 2,3 треба було вказати клас відповідальності конструкцій і використати коефіцієнт надійності за класом відповідальності конструкцій. Зрозуміло, що це не впливає на розроблений методологічний підхід, оскільки в роботі використаний коефіцієнт надійності за призначенням.

3. Розділ 2. В описі розрахункової схеми треба було навести схему горизонтальних і вертикальних в'язей забезпечення стійкості верхнього поясу комбінованої конструкції із площини згину. Але така часткова інформація є під час проведення експериментальних робіт у розділі 4.

4. Розділ 2. Треба було навести конструкції вузлів нової раціональної конструкції комбінованої ферми прольотом 30 м.

5. Розділ 2. За термінологією у тексті краще вживати термін за критерій раціональності сталевій комбінованої ферми покриття за граничними станами перетинів ферми.

6. Розділ 3. Необхідно було навести конструкції вузлів приєднання решітки ферм покриття з ексцентриситетами до верхнього поясу та опорні вузли, слід відмітити, що частково такі вузли використані під час виготовлення експериментальних зразків у розділі 4.

7. У висновках розділів 2 та 3 слід було вказати, що автором розроблено комплексний методологічний підхід щодо теоретичних досліджень пошуку раціональної комбінованої сталевій конструкції ферми покриття, що є науковою новизною роботи.

8. Розділ 4. Аналіз результатів руйнування конструкції моделі комбінованої конструкції слід було провести з урахуванням визначення переміщень (прогинів) з площини моделі ферми.

9. У розділі 4 бажано було б показати більш детальне використання теорії подібності для визначення параметрів експериментальної моделі комбінованої сталевій ферми. З іншого боку треба було підкреслити, що такі експериментальні дослідження на моделях комбінованих ферм виконано в Україні вперше. Автором розроблено комплексний методологічний підхід щодо експериментальних досліджень комбінованої сталевій конструкції ферми покриття, що є також науковою новизною роботи.

Висловлені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної роботи, а лише підкреслюють її багатогранність, складність, важливість узагальнення нових наукових результатів теоретичних та експериментальних досліджень, і не знижують загальної оцінки роботи.

Оцінка відповідності освітньо-науковій програмі підготовки.

Сидорак Дмитро Павлович за час роботи над дисертацією провів власне наукове дослідження, оформлене у вигляді наукової праці, та опублікував основні його наукові результати.

Результати аналізу дисертації, анотацій українською та англійською мовами, опублікованих праць дають підстави для висновку про те, що представлена дисертація є завершеною науковою працею, в якій вирішено важливі науково-технічні прикладні задачі: з визначення закономірностей напружено деформованого стану нової раціональної сталеві комбінованої конструкції для покриттів будівель. Робота актуальна, має наукову новизну, нові наукові результати і практичне значення. Результати комплексних експериментально-теоретичних досліджень роботи достовірні.

Відповідність дисертації вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії...». Дисертація Сидорака Дмитра Павловича «Раціональні сталеві комбіновані кроквяні ферми» відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в пп.5–9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії...», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Дотримання принципів академічної доброчесності. Дисертаційна робота Сидорака Дмитра Павловича «Раціональні сталеві комбіновані кроквяні ферми» є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК ПРО ДИСЕРТАЦІЙНУ РОБОТУ

Вважаю, що кваліфікаційна наукова праця «Раціональні сталеві комбіновані кроквяні ферми», поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія є завершеною і самостійно виконаною науковою працею, містить нові науково обґрунтовані теоретичні й практичні результати та відповідає вимогам пп.5–9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії...», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року №44, а її автор Сидорак Дмитро Павлович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри металевих та
дерев'яних конструкцій КНУБА України



Сергій БІЛИК

Підпис доктора технічних наук, професора, завідувача кафедри металевих та дерев'яних конструкцій КНУБА Білика С.І. засвідчую:

Вчений секретар Вченої ради КНУБА
к.т.н, доцент



Микола КЛИМЕНКО