

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Юрченко Віталіни Віталіївни «Удосконалення конструктивної форми легких каркасів будівель із холодногнутих профілів на базі рішення задачі оптимального проектування», представлену на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди, галузь знань 19 – архітектура і будівництво

Дисертаційна робота присвячена розробці методології пошуку оптимальних проектних рішень поперечних рам каркасів будівель із холодногнутих профілів, яка охоплює математичну модель задачі оптимального проектування досліджуваного класу конструкцій, а також метод і алгоритм пошуку їх оптимальних параметрів, орієнтований на програмну реалізацію в системах автоматизованого проектування.

Зміст і структура дисертаційної роботи. Дисертація Юрченко В. В. складається зі вступу, семи розділів, списку літературних джерел, висновків і додатків про впровадження результатів дисертаційної роботи.

Дисертація представлена в об'ємі 466 стор., в тому числі 331 стор. основного тексту. Текст супроводжується 95 рисунками та 26 таблицями, списком використаних джерел на 51 сторінках, додатками на 15 сторінках. Перелік використаних літературних джерел становить 452 найменувань. Зауважень щодо оформлення роботи немає.

Актуальність теми визначається сучасними тенденціями українського ринку металоконструкцій, на який активно імпортуються різноманітні конструктивні системи із тонкостінних холодногнутих профілів, які знайшли широке застосування у будівельній індустрії. Розробка методології пошуку оптимальних проектних рішень будівельних конструкцій із тонкостінних холодногнутих профілів є важливою науковою проблемою.

Відповідність дисертаційної роботи вирішенню сформульованої проблеми підтверджує актуальність теми як і те, що робота виконувалась в межах держбюджетних науково-дослідних робіт МОН України відповідно до напрямку роботи кафедри металевих та дерев'яних конструкцій Київського національного університету будівництва та архітектури та її відомої наукової школи.

Обґрунтованість основних наукових положень, висновків і рекомендацій базується на представленому в роботі аналітичному та експериментальному матеріалах. Їх аналіз, що наводиться нижче, дозволить надати відповідну оцінку.

У першому розділі дисертації висвітлено сучасний стан проблеми розробки та впровадження рамних конструкцій будівель із холодногнутих профілів, сформульовані мета та задачі досліджень.

Другий розділ роботи присвячений виконанню числових досліджень по оцінці депланацій перерізів, що примикають до конструкції вузла, та розподілу депланацій та бімоментів у тонкостінних стержневих системах.

До зауважень за розділом 2 слід віднести наступне:

На стор. 73 дисертаційної роботи присутня фраза «таким чином вирішується проблема у таких програмних системах як «ANSYS» [22] та «ADINA» [223]» із посиланням на певне джерело після їх назви. Джерела, на які виконується посилання, датуються відповідно 2005 та 1993 роком. В еру тотальної комп'ютеризації, коли крупні виробники програмного забезпечення намагаються кожного року оновлювати свій продукт, такі посилання вбачаються некоректними.

За розділом 2 існують також наступні запитання:

В параграфі 2.3 дисертації авторкою виконаний ряд прикладів розрахунку плоских та просторових рам із тонкостінних двотаврів у програмному комплексі SCAD; вбачається необхідним поставити декілька запитань:

1) яким чином впливає розмір кінцево-елементної сітки на величину характеристики депланації перерізу;

2) як призначалась величина зовнішнього навантаження, тобто якій стадії роботи вона відповідає: пружній, пружно-пластичній або пластичній;

3) якщо в деяких місцях поперечних рам напруження перевищують границю текучості сталі, то яка діаграма роботи сталі закладалась у розрахунок: Прандтля, Прандтля із зміцненням або узагальнена розрахункова діаграма, на кшталт тієї, що наведена у Російському СП 16.13330.2017 на рис. В.1.

4) чи впливає конструктивне вирішення вузла з'єднання ригеля з колоною на результати розрахунку: болтове на фланцях, болтове на накладках, зварне?

У третьому розділі розглянута задача визначення дотичних напружень на зовнішніх гранях довільного перерізу тонкостінного стержня, яка зведена до задачі мінімізації функціоналу Кастільяно при забезпеченні обмежень-рівностей, що описують умови рівноваги потоків в точках розгалуження перерізу, а також при забезпеченні рівняння рівноваги усього перерізу відносно поздовжньої осі тонкостінного стержня.

До розділу 3 існують пропозиції та запитання:

1. В параграфі 3.2 зазначається «Припустимо також, що модуль пружності E та модуль зсуву G , що залежить від модуля пружності E та коефіцієнту Пуассона ν , є константами для всього перерізу тонкостінного стержня». Виникає питання: в яких розрахункових ситуаціях умова постійності модуля пружності та коефіцієнту Пуассона може порушуватись в рамках тематики обраного дослідження?

2. Розділ перенасичений формулами матричного аналізу й інтегрального обчислення. Сприймається матеріал досить важко. У зв'язку з цим, доцільно було «розбавити» матеріал конкретними числовими прикладами для найбільш застосованих форм поперечних перерізів: кутик, двотавровий переріз, швелер з відгинами полог, сігма та омега профіля. Інженери не так часто мають справу з усім багатоманіттям форм тонкостінних профілів, а ілюстрація авторських алгоритмів на простих прикладах не тільки полегшило б сприйняття матеріалу, але і дозволила б отримати спрощені формули для тестування загального алгоритму.

У четвертому розділі розглянуто нормативний розрахунок несучих елементів конструкцій із холодногнутих профілів з врахуванням закритичної роботи стиснутих елементів перерізу. Методика нормативного розрахунку несучої здатності таких елементів, яка полягає у побудові редукованих поперечних перерізів стержнів, що визначають втрату місцевої стійкості стиснутих елементів перерізу та втрату стійкості форми поперечного перерізу, адаптована для використання в складі математичної моделі задачі оптимального проектування досліджуваного класу конструкцій.

До зауважень та пропозицій до розділу 4 слід віднести наступні:

1. В параграфі 4.7.3 виконано побудову аналітичних залежностей для критичних сил втрати місцевої стійкості та форми перерізу. Зокрема, для цих критичних сил отримані громіздкі апроксимуючі поліноміальні вирази із констатацією максимальної похибки у 3%. На наш погляд, даний висновок слід було підтвердити графічними побудовами еталонних і апроксимуючих кривих. По-перше, це дає візуальне представлення про характер залежності критичної сили втрати стійкості від площі й гнучкості поперечного перерізу. По-друге, графіки співставлення двох кривих дозволяють миттєво побачити якість апроксимації на всьому діапазоні значень заданої змінної. У довершення можна сказати, що здобувач взагалі міг побудувати спеціальні номограми кривих втрати стійкості для полегшення користування в інженерних цілях.

2. На рис. 4.7.2 – 4.7.4 наведені результати розв'язку задачі стійкості центрально-стиснутого стержня С-подібного перерізу. В діапазоні висот перерізу від 100 до 150 мм розглядається товщина 5 мм. Для сучасних тонкостінних профілів, у сортаментах компаній «Прушиньські», «Ruikki», «Hoesch», «ValexMatal» та ін. такі товщини взагалі відсутні, а кромкогини більшості підприємств нашої держави обмежені товщиною 4 мм. Крім цього нам вбачається, що геометричні характеристики фактичного й ефективного поперечного перерізу стержня при таких розмірах будуть відрізнятися не суттєво, що якимось знівелює практичність методики, описаної у розділі. На нашу думку, авторці необхідно було для прикладу обрати найбільш популярні у будівництві перерізи тонкостінних елементів.

П'ятий розділ присвячено розробці математичної моделі задачі оптимального проектування тонкостінних стержневих конструкцій із холодногнутих профілів. Задача оптимізації досліджуваного класу конструкцій формулюється як: при заданих топології стержневої конструкції із холодногнутих профілів, типах поперечних перерізів її елементів, умовах закріплення на опорах та схемі розрахункових навантажень визначити оптимальні параметри геометричної схеми і розміри поперечних перерізів з врахуванням закритичної роботи стержневих елементів, обмежень функціонального об'єму та конструктивних вимог.

До розділу 5 існують наступні питання та пропозиції:

1. В діапазоні сторінок дисертаційної роботи 237 – 242, тобто на 6 сторінках, виконується опис величин, які фігурують у розрахункових залежностях. Для економії місця основного тексту дисертації, слід було цей опис винести у спеціальну таблицю або додаток у кінці роботи.

2. Із тексту розділу не зрозуміло, які саме розрахункові схеми конструкцій розглядає здобувач: плоскі чи просторові. Якщо розглядаються плоскі схеми, то як враховується металоемність елементів, які забезпечують розкріплення несучих рам із своєї площини.

3. Із тексту розділу можна зрозуміти, що задачею оптимального проектування є «визначення оптимальних параметрів геометричної схеми та розмірів поперечних перерізів її елементів». Виникає закономірне питання: як враховується в задачі оптимального проектування «ціна» класу сталі, із якої виготовляються елементи. Наприклад, границі текучості (умовні границі текучості) сталей S320GD і SSAB Domex 550 MC відрізняються на 70%, у той час як вартість за тону всього на 25%. Тобто при пошуку оптимальних розмірів елементів може виникати ситуація, коли більші доречно змінювати не розміри елементів, а клас міцності сталі, тому що це економічно доцільно. Саме цим підходом в умовах сьогодення користуються виробники елеваторного обладнання, переходячи все частіше на сталі підвищеної міцності.

Шостий розділ дисертації присвячено розробці алгоритмів пошуку оптимальних проектних рішень тонкостінних стержневих конструкцій із холодногнутих профілів на базі еволюційних методів оптимізації, що формалізуються за допомогою генетичних алгоритмів, орієнтованих на їх програмну реалізацію в системах автоматизованого проектування.

До розділу 6 існують наступні питання та пропозиції:

1. В холодногнутих чи холодноформованих елементах значна увага приділяється болтовим вузловим з'єднанням елементів. Здобувачем у якості однієї із розрахункових передумов приймається, що міцність монтажних стиків забезпечена. Проте виникає питання, як в задачах оптимального проектування враховується несуча здатність болтових з'єднань на зминання основного металу. При прийнятому класі, діаметрі та кількості болтів монтажного вузла двома параметрами, які будуть відповідати за несучу

здатність болтового з'єднання, будуть клас сталі й товщина елемента. Іншими словами, несуча здатність всіх елементів може бути забезпечена, проте при конструюванні вузлових з'єднань виникне ситуація, коли товщини деяких елементів необхідно збільшити з умов змінання основного металу. Крім цього, при перевірці міцності елементів на розтяг необхідно враховувати послаблення поперечного перерізу отворами під болти. Запитання в наступному: чи враховувались перелічені зауваження в даній роботі або їх слід розцінювати також в якості передумов обмеження.

2. Яким чином чи за якими нормами приймалися коефіцієнти розрахункової довжини стиснутих тонкостінних елементів?

3. На нашу думку, приклади, розглянуті у розділі, носять доволі абстрактний характер для будівельної галузі. Набагато цікавіше було б розглянути типові конструктивні рішення кроквяних ферм і каркасів одноповерхових будівель із тонкостінних гнутих профілів, які пропонуються сьогодні на ринку. Як приклад, швидкомонтовані будівлі та ангари компанії FRISOMAT.

Сьомий розділ дисертаційної роботи присвячений розробці нових ефективних конструкцій та закономірностей формоутворення оптимальних проектних рішень поперечних рам каркасів будівель із холодногнутих профілів.

До розділу 7 існують наступні пропозиції:

1. Розділ обмежується пошуком оптимальних розмірів поперечного перерізу С-подібного профілю в умовах центрального стиску. Можна побажати автору у подальших дослідженнях отримати аналогічні рішення для перерізів іншої форми (сігма, омега, зет профіля та т.п.) та напружено-деформованого стану (позацентровий стиск та згин).

2. Враховуючи актуальність та своєчасність роботи, хотілось би у розділі бачити більше практичних прикладів розрахунку та оптимізації каркасів із тонкостінних холодногнутих елементів.

Отже, наведений аналіз досліджень за розділами дисертаційної роботи дозволяє зробити загальні висновки про те, що основні наукові положення є обґрунтованими і такими, що базуються на отриманих результатах числових експериментів.

Наукова новизна роботи полягає у: побудові нової математичної моделі задачі оптимального проектування плоских поперечних рам каркасів із холодногнутих профілів, що враховує особливості роботи та поведінки досліджуваного класу конструкцій під навантаженням; побудові та дослідженні області несучої здатності стержневих елементів конструкцій із холодногнутих профілів з врахуванням їх роботи у закритичній стадії та виявленні стрибкоподібного характеру її границь; розробці методу розв'язку сформульованої задачі оптимізації, що дозволяє врахувати особливості області пошуку оптимальних проектних рішень поперечних рам каркасів будівель із холодногнутих профілів; побудові нового ефективного алгоритму пошуку

оптимальної конструктивної форми поперечних рам каркасів будівель із холодногнутих профілів з оптимізацією параметрів геометричної схеми та розмірів поперечних перерізів її елементів з врахуванням особливостей роботи досліджуваного класу конструкцій під навантаженням.

В рамках запропонованої методології пошуку оптимальних проектних рішень поперечних рам каркасів будівель із тонкостінних холодногнутих профілів: вперше проведені числові експерименти з оцінки депланацій перерізів, що примикають до вузлів, та виявлений вплив конструктивного рішення вузлів на розподіл депланацій та бімоментів у тонкостінних стержневих системах; розроблено нове алгоритмічне забезпечення для чисельного розв'язку задачі пошуку потоків дотичних зусиль у довільному перерізі тонкостінного стержня для загального випадку навантаження; удосконалена методика розрахунку несучої здатності стержневих елементів конструкцій із холодногнутих профілів з врахуванням їх закритичної роботи, що обумовлена втратою стійкості стиснутих елементів перерізу та втратою стійкості форми поперечного перерізу; розроблена нова методика пошуку оптимальних розмірів поперечних перерізів тонкостінних стержневих елементів із холодногнутих профілів та виявлені нові закономірності формоутворення оптимальних поперечних перерізів тонкостінних стержневих елементів із холодногнутих профілів; сформульовано і розв'язано нові задачі пошуку оптимальної конструктивної форми поперечних рам каркасів із холодногнутих профілів та виявлені нові закономірності формоутворення оптимальних проектних рішень поперечних рам каркасів будівель із холодногнутих профілів.

Можна погодитись з усіма положеннями наукової новизни роботи, що сформульовані автором, за їх сутністю.

Практичне значення роботи. Результати дисертаційної роботи були використані при розробці обчислювального комплексу SCAD та програм-сателітів КРИСТАЛ, КОМЕТА і ТОНУС, що функціонують у складі програмного забезпечення інтегрованої системи SCAD Office, яка впроваджена у розрахункову практику великої кількості підприємств будівельної галузі.

Результати дисертаційної роботи використані при розробці ряду нормативних документів, участь здобувача у яких зафіксована у офіційних виданнях цих документів, а також у відповідних довідках про впровадження.

Окремі результати роботи також впроваджено в навчальний процес на кафедрі металевих та дерев'яних конструкцій у вигляді спеціалізованого курсу лекцій, а також при виконанні магістерських робіт.

Рекомендації щодо використання отриманих результатів. Теоретична цінність роботи полягає у подальшому розвитку математично коректного, ефективного і перспективного єдиного підходу, що ґрунтується на інтерпретації задачі оптимального проектування будівельних конструкцій як задачі

нелінійного програмування та використанні методу скінченних елементів та еволюційних методів оптимізації для її розв'язку.

Достовірність висновків і рекомендацій, викладених у дисертаційній роботі Юрченко В. В., підтверджується строгістю використання основних положень будівельної механіки стержневих систем та елементів теорії оптимізації; коректністю формулювання механічних моделей досліджуваного класу конструкцій; застосуванням на окремих етапах розроблених алгоритмів відомих і добре апробованих чисельних методів аналізу стержневих систем; строгістю та коректністю математичної моделі задачі оптимального проектування досліджуваного класу конструкцій; стійкістю отриманих чисельних розв'язків по відношенню до вихідних даних та подальшим аналізом збіжності ітераційного пошукового процесу; апробацією підходу на тестових задачах з подальшим математичним обґрунтуванням розроблених методів та запропонованих обчислювальних алгоритмів; порівняльним аналізом та узгодженням отриманих результатів досліджень із опублікованими результатами.

Повнота публікацій та апробації роботи. Наукові праці, які опубліковані за темою дисертації, містять основні наукові положення, результати теоретичних та експериментальних досліджень, висновки та рекомендації. За темою дисертаційної роботи опубліковано 58 наукових праць, у тому числі: 2 монографії, 19 статей у наукових фахових виданнях ВАК України, 9 статей, що включені до наукових періодичних видань інших держав та у виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз (Scopus, Index Copernicus, ICONDA, RSCI на платформі Web of Science), 28 основних публікацій по доповідям на міжнародних і вітчизняних конференціях, що засвідчують апробацію матеріалів дисертації.

Ідентичність автореферату основним положенням дисертації. Автореферат дисертації оформлений відповідно до чинних вимог, містить всі необхідні елементи, які повністю відображають основні структурні частини дисертації. Зміст автореферату є ідентичним основному змісту дисертації та опублікованим роботам.

Оцінка змісту і оформлення роботи. Робота виконана на високому науковому рівні, написана технічно грамотно, що дозволяє скласти повне уявлення про суть і результати дослідження. Викладення матеріалу логічне і послідовне, висновки по розділах і в цілому по дисертації базуються на результатах досліджень і їх аналізі. Вірогідність висновків не викликає сумнівів.

Дисертація відповідає паспорту спеціальності 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди.

Наведені у відгуку зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку роботи.

Висновок. Представлена до захисту дисертаційна робота В. В. Юрченко на тему «Удосконалення конструктивної форми легких каркасів будівель із

холодногнутих профілів на базі рішення задачі оптимального проектування» є завершеною науково-дослідною роботою, що може бути кваліфікована як перспективний науковий напрямок, містить нові наукові результати, які в комплексі вирішують важливу науково-прикладну проблему оптимального проектування легких каркасів будівель, виготовлених із тонкостінних холодногнутих профілів. За актуальністю, науковою новизною отриманих результатів, їх достовірністю та практичною значимістю робота відповідає вимогам МОН України та пп. 9, 10, 12, 13, 14 "Порядку присудження наукових ступенів", затвердженого Постановою Кабінету міністрів України №567 від 24 липня 2013 року, а її автор, Юрченко Віталіна Віталіївна, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди.

Офіційний опонент:

Завідувач проектно-конструкторським
відділом інжинірингової компанії ТОВ «ЕТУАЛЬ»,
лауреат премії Президента України
для молодих вчених,
доктор технічних наук,
старший науковий співробітник

А.В. Махінько

Директор ТОВ «ЕТУАЛЬ»



О.В. Бідний