

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу **Юрченко Віталіни Віталіївни** на тему: **«Удосконалення конструктивної форми каркасів будівель із холодногнутих профілів на базі рішення задачі оптимального проектування»**, подану до захисту на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди

Актуальність теми виконаної роботи. Зараз спостерігається стрімке поширення використання каркасів будівель з легких холодногнутих профілів. Це явище зумовлене не тільки низькою матеріалоемністю таких конструктивних рішень, але й значним зниженням трудомісткості монтажних робіт, відсутністю потреби в надпотужній техніці. Впровадження легких металевих конструкцій у будівництво дає поштовх подальшому розвитку наукових досліджень, доповненню й оновленню нормативних документів, удосконаленню виробничої бази будівництва.

Безпечна та надійна експлуатація стержневих конструкцій з холодногнутих профілів неможлива без коректного урахування тих силових факторів, які характерні саме для цього класу конструкцій. Потреба верифікації відомих гіпотез і припущень, ретельного дослідження особливостей поведінки тонкостінних холодногнутих стержнів під навантаженням, розробки нових моделей і методів розрахунку легких конструкцій та їх імплементації в програмних комплексах, впровадження змін у нормативи будівництва визначає науково-теоретичну та практичну актуальність цієї дисертаційної роботи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами. Наукові дослідження, викладені в дисертації, виконані згідно з напрямом наукової роботи кафедри металевих і дерев'яних конструкцій Київського національного університету будівництва і архітектури та планів і програм Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України з розробки системи державних будівельних норм. Основні теоретичні та прикладні результати були отримані в рамках науково-

дослідної роботи за держбюджетною науково-дослідною темою 7-ДБ-06 “Розвиток основи формоутворення і теорії розрахунку сталевих конструкцій із тонкостінних гнутих профілів несиметричного перерізу при розкріпленні в’язями зсуву” (№ держреєстрації 0106U000647), яка виконувалася за дорученням Міністерства освіти і науки України.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендації забезпечено завдяки ґрунтовному аналізу стану проблеми; строгості використання основних положень будівельної механіки стержневих систем та елементів теорії оптимізації; коректності формулювання механічних моделей досліджуваного класу конструкцій; порівнянню створених методів, моделей і алгоритмів з існуючими, що підтвердили свою достовірність; практичному впровадженню окремих результатів прикладних досліджень.

Підтвердженням достовірності змісту наукових результатів і висновків дослідження слід також вважати їх схвалення на численних спеціалізованих міжнародних та вітчизняних наукових конференціях, достатнє освітлення в друкованих працях основних етапів і результатів дослідження.

Аналіз інноваційного змісту винесених на захист наукових результатів. Висновок щодо наукової новизни дисертаційної роботи в цілому.

Для сприяння подальшому поширенню легких сталевих каркасів з холодногнутих стержнів, оптимального їх конструювання та забезпечення їх надійної експлуатації запроваджено новий науково-прикладний інструментарій шляхом який базується на урахуванні таких факторів впливу, як момент стиснутого кручення та поперечні сили, що викликані його дією, бімоменти та відповідні їм депланації перерізів стержнів.

На основі дослідження роботи тонкостінних стержнів із холодногнутих профілів у закритичній стадії і з урахуванням її особливостей:

- побудовано нову математичну модель задачі оптимального проектування плоских поперечних рам каркасів та для її розв’язку створено новий гібридний генетичний алгоритм, що має високу обчислювальну ефективність;
- удосконалено методику розрахунку несучої здатності стержневих елементів втратою стійкості стиснутих елементів перерізу та втратою стійкості форми поперечного перерізу;
- вперше побудовано область несучої здатності стержневих елементів конструкцій і виявлено на ній окремі ділянки, що мають

стрибкоподібний характер;

– на основі виявлених нових закономірностей формоутворення оптимальних поперечних перерізів тонкостінних стержневих елементів із холодногнутих профілів розроблено нову методику пошуку їх оптимальних розмірів;

– розроблено новий ефективний алгоритм пошуку оптимальної конструктивної форми поперечних рам каркасів будівель із холодногнутих профілів з оптимізацією параметрів геометричної схеми та розмірів поперечних перерізів.

– виявлено нові закономірності формоутворення оптимальних проектних рішень поперечних рам каркасів будівель із холодногнутих профілів залежно від умов проектування та параметрів навантаження.

Оцінка висновків та результатів здобувача для практики та можливі шляхи їх використання. Практична цінність роботи визначається практичним спрямуванням теоретичних результатів роботи. Зокрема, їх використанням при розробці нових і оновленні існуючих державних норм, а також додатків до Єврокоду 3. З огляду на те що сучасні розрахунки будівельних конструкцій усе частіше орієнтуються на їх комп'ютерну реалізацію, дуже важливою, з практичної позиції, є імплементація запропонованих у дисертації моделей, методів і алгоритмічного забезпечення в інтегровану систему SCAD Office, яка набула масового застосування не тільки в Україні, а й поза її межами.

Науково-методологічні основи проектування легких каркасів з холодногнутих профілів, розроблені в дисертації, нині використовуються у ході підготовки нових будівельних кадрів у Київському національному університеті будівництва та архітектури. Було розроблено відповідний курс лекцій і виконано магістерські роботи.

Рекомендації щодо оптимального розподілу матеріалу в перерізах стержнів надалі можуть бути використані під час розробки сортаменту холодногнутих профілів.

Подальше використання розроблених нормативів, рекомендацій і програмного забезпечення надасть будівельним організаціям ефективний інструмент відшукування оптимальних проектних рішень з метою зниження витрат ресурсів на стадіях виготовлення й зведення поперечних рам каркасів будівель із тонкостінних холодногнутих профілів.

Оцінка повноти викладу основних результатів дисертації в наукових фахових виданнях та рівня апробації з урахуванням встановлених вимог.

За результатами аналізу поданого автором переліку опублікованих наукових праць (зокрема, особисто і у співавторстві) виявлено, що всі винесені на захист наукові результати належать особисто авторові й достатньо повно відображені у 58 наукових працях, з них 2 монографії та 19 статей у фахових виданнях ВАК України, 9 статей – у збірниках наукових праць, включених до міжнародних наукометричних баз даних, та 28 основних публікацій за доповідями на міжнародних і вітчизняних наукових конференціях.

Загальний аналіз змісту дисертації. Оцінка відповідності змісту та структури дисертації меті та завданням роботи. Зміст роботи відповідає змісту та структурі поставлених завдань. Виклад матеріалу системний, послідовний – від мети й завдань дослідження до матеріалів основних розділів та загальних висновків. Дисертаційна робота складається з анотації, вступу, семи розділів, висновків, списку використаних джерел та одного додатка. Загальний обсяг дисертації – 466 сторінок. Робота містить 331 сторінку основного тексту, що містять 95 рисунків та 26 таблиць. Список використаних джерел складається з 452 найменувань. Додаток викладено на 15 сторінках.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та завдання дослідження, визначено наукову новизну й практичне значення отриманих результатів, зазначено особистий внесок здобувача в наукові праці, опубліковані у співавторстві, наведено відомості про апробацію матеріалів дисертації та публікації.

У першому розділі роботи розглянуто конструктивні рішення рамних каркасів із холодногнутих профілів, визначено особливості роботи матеріалу в таких конструкціях, проаналізовано існуючі методи розв'язання задач оптимального проектування металевих конструкцій, виконано постановку мети й завдань дослідження.

У другому розділі визначено особливості моделювання стержневих елементів, виконаних з холодногнутих профілів за методом скінченних елементів. За даними числового моделювання виконано верифікацію гіпотези щодо єдиної міри депланації елементів у вузлі тонкостінної стержневої системи й встановлено її некоректність. Наголошується на необхідності

урахування стисненого кручення в розрахунках стержневих тонкостінних елементів і наводяться особливості урахування цього ефекту в нормативних документах інших країн.

У третьому розділі на основі методу графів виконано дослідження потоків дотичних напружень у тонкостінних перерізах довільної форми, наведено результати обчислень стосовно стержнів відкритого та відкрито-замкненого перерізу, продемонстровано реалізацію запропонованого методу в програмному комплексі SCAD Office.

Четвертий розділ присвячено дослідженню особливостей роботи тонкостінних стержнів з холодногнутих профілів у закритичній стадії. Наведено основні гіпотези й припущення щодо побудови редукованого перерізу таких стержнів, на основі яких розроблені аналітичні залежності для обчислення критичних сил втрати місцевої стійкості та втрати стійкості форми перерізу тонкостінних стержнів відкритого профілю. Ці залежності можуть бути використані для розв'язку задач оптимізації стержневих конструкцій, що працюють у закритичній стадії.

У п'ятому розділі запропоновано нову математичну модель задачі оптимального проектування тонкостінних стержнів з холодногнутих профілів з урахуванням закритичної стадії їх роботи. На основі сформульованих у дисертації гіпотез ця задача була зведена до багатопараметричної задачі нелінійного програмування, яка була розв'язана із застосуванням генетичних алгоритмів. Як змінні цієї задачі були визначені параметри, що задають просторове розташування вузлів та розміри поперечних вузлів. А обмеженнями були умови, що описують перший та другий граничні стани, компонувальні, конструктивні, технологічні, експлуатаційні та інші обмеження. Вперше побудовано та досліджено область несучої здатності для перерізу із холодногнутих профілів. Ця область є не випуклою і має стрибкоподібні ділянки, що відповідають зменшенню несучої здатності конструкції при переході до закритичної стадії роботи.

У шостому розділі виконано удосконалення генетичного алгоритму розв'язання задачі оптимального проектування шляхом його гібридизації із градієнтним алгоритмом. Наведено дослідження обчислювальної ефективності гібридного генетичного алгоритму на тестових задачах та виконано верифікацію отриманих результатів з даними інших авторів. Реалізація запропонованого алгоритму виконана в програмному комплексі OptCAD.

У цьому розділі виявлено закономірності формоутворення оптимальних проектних рішень поперечних рам будівель з холодногнутих профілів. Сформульована задача параметричної оптимізації була розв'язана із застосуванням програмного комплексу OptCAD. На основі отриманих результатів були розроблені рекомендації щодо оптимального за умовами місцевої стійкості розподілу матеріалу в перерізах несучих елементів з холодногнутих профілів.

Висновок щодо ідентичності змісту автореферату й основних положень дисертації. Автореферат дисертації в межах відведеного обсягу адекватно відображає зміст результатів та висновків виконаного дослідження і дає належне уявлення про його інноваційну складову. Висновки та результати дослідження належним чином відображають етапи дослідження, їх цілісність та взаємну зумовленість. Таблиці, рисунки та фрагменти програмних продуктів, які розміщені в тексті автореферату, забезпечують належне уявлення про теоретичну, практичну цінність цієї роботи та новизну науково-методологічного інструментарію процесу удосконалення конструктивної форми легких каркасів будівель із холодногнутих профілів.

Зміст кандидатської дисертації здобувача не збігається з напрямком досліджень цієї дисертаційної роботи.

Оцінка відповідності паспорту спеціальності. Аналіз змісту дисертації та підсумків впровадження її результатів показав, що робота відповідає паспорту спеціальності 05.23.01. «Будівельні конструкції, будівлі та споруди» за напрямком дослідження за пунктами 5, 3 і 4 в порядку пріоритетності.

Зауваження по дисертації і автореферату. У процесі аналізу змісту й структури дисертації та автореферату виникли такі зауваження змістовного та редакційного характеру:

- 1) у текстах анотацій дисертації наведено 17 ключових слів. Така кількість є надмірною. Ці слова призначені для полегшення пошуку наукової інформації зацікавленими спеціалістами й повинні відбивати предмет і об'єкт досліджень, методи, що були використані в роботі, та основні результати. Тому вважаю, що цей список можна було б скоротити, викресливши такі слова: «алгоритм», «програмне забезпечення», «математична модель».
- 2) У пункті «Зв'язок роботи з науковим планами, програмами і темами» не відображена участь здобувача в розробці державних будівельних

стандартів, хоча вона зафіксована у офіційних виданнях цих документів, а також у відповідних довідках про впровадження.

- 3) У першому розділі в п. 1.3.3 наведено основні моделі закритичної роботи тонкостінних стержневих елементів, надана їх графічна інтерпретація, але не зроблено узагальнення.
- 4) У п. 1.4.1 на с. 57 у реченні «Праці [49] присвячені розробці загальних принципів та методики...» наведено некоректне посилання на літературні джерела.
- 5) У другому розділі у висновках до отриманих результатів бажано було б навести рекомендації щодо конструктивного оформлення вузлів спряжень з позиції раціонального розподілу напружень та деформацій в елементах.
- 6) На с. 167 п. 4.3 для обчислення коефіцієнта запасу стійкості запропонована поліноміальна функція, яка має високу статистичну достовірність, замість кускового її подання. Такий крок дозволяє застосовувати градієнтні методи для розв'язання задач оптимізації. Формула (4.3.1.9) може бути також використана і в аналітичних дослідженнях. Тому виникає запитання: яка саме кількість значущих цифр у коефіцієнтах полінома може забезпечити збіжність результатів.
- 7) У четвертому розділі було б доцільно зазначити, який саме стан із каскаду послідовних змін форм втрати стійкості слід вважати граничним для конструкцій, що експлуатуються.
- 8) У розділі 6 на с. 354 рис. 6.5.4.2 наведено результати розв'язку оптимізаційної задачі за допомогою запропонованого генетичного алгоритму. Аналізуючи залежність між номером покоління і середнім значенням пристосованості покоління, можна помітити наявність осциляцій. Тому постає питання щодо обґрунтування вибору критерію закінчення обчислювального процесу.
- 9) За умови зручного облаштування конструкцій фахверку й безпечної експлуатації наскрізних стійок рам бажано було б розглянути в розділі 7 такі типи перерізів з розташуванням відгинів (поличок) усередину.

Висловлені зауваження не знижують високої оцінки, на яку заслуговує ця робота щодо новизни, теоретичної та практичної цінності, інших вимог.

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 обгрунтовані результати та вирішує важливу науково-технічну проблему: оптимального проектування легких каркасів будівель, виготовлених із тонкостінних холодногнутих профілів, а також розробки моделей, методів і ефективних алгоритмів реалізації підходу та дослідження властивостей конструкцій з оптимальними параметрами, а її автор **Юрченко Віталіна Віталіївна**, заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.01 – «Будівельні конструкції, будівлі та споруди».

Офіційний опонент
д.т.н., професор,
професор кафедри будівництва,
геотехніки та геомеханіки
Національного технічного університету
«Дніпровська політехніка»

В.Є. Волкова

Підпис д.т.н.. проф. Волкової В.Є. засвідчую:

Проректор з наукової роботи
Національного технічного університету
«Дніпровська політехніка»
д.т.н., професор



О.С. Бешта