

**ВІДГУК**

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Охтеня Івана Олександровича

«Стійкість тонкостінних стержнів відкритого профілю з недосконалостями форми», поданої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.17 – будівельна механіка

**Актуальність теми дисертації.** Питання врахування в розрахунках міцності і стійкості різних видів дефектів, які можуть з'явитися в будівельних конструкціях на протязі всього життєвого циклу, важливе для забезпечення їх безаварійної експлуатації. На теперішній час спостерігається тенденція до розробки нових і вдосконалення існуючих методів розрахунку несучої здатності тонкостінних стержнів відкритого профілю з метою отримання результатів, які би дозволили покращити співпадіння чисельних і експериментальних даних. Дисертація Охтеня І.О. присвячена актуальній задачі будівельної механіки, а саме розробці нового чисельного методу дослідження стійкості тонкостінних стержнів відкритого профілю з урахуванням геометричних недосконалостей. Розроблений і представлений в дисертаційній роботі алгоритм комп'ютерного скінченно-елементного моделювання недосконалостей дає можливість дослідити вплив такого роду дефектів на міцність і стійкість тонкостінних стержнів відкритого профілю при дії статичних навантажень. Отримані результати досліджень мають практичну значимість, бо в сучасному будівництві тонкостінні стержні широко застосовуються у якості несучих елементів металоконструкцій, що вимагає вирішення проблеми їх надійності. Все це визначає актуальність проблеми і значний практичний інтерес.

**Аналіз змісту дисертації.** Дисертація містить вступ, чотири розділи, висновки, список використаних джерел та додатки. Загальний обсяг дисертації становить 130 сторінок, на 102 сторінках якої викладено основний текст роботи. В дисертації наведено 58 рисунків та 6 таблиць. Список використаних джерел містить 167 назв.

Наведені в додатках дисертації довідки свідчать про впровадження дисертаційної роботи Охтеня І.О. у наукових дослідженнях кафедри будівельної механіки і Науково-дослідного інституту будівельної механіки Київського національного університету будівництва і архітектури, які виконувались за дорученням Міністерства науки і освіти України, та експертній оцінці реальної будівельної споруди.

**У вступі** обгрунтована актуальність теми, визначені мета, завдання і методи досліджень, наведена загальна характеристика роботи.

**В першому розділі** виконано огляд літературних джерел з питання дослідження напружено-деформованого стану і стійкості тонкостінних стержнів. Наведені сучасні теорії розрахунку тонкостінних відкритого профілю: безсувна теорія В.З. Власова, напівсувна теорія В.І. Слівкера та зсувна теорія. Розглянуто існуючі чисельні методи розв'язання задач статичної і стійкості холодногнутих стержнів.

**У другому розділі** розглянута реалізація методу скінченних елементів в дослідженнях статичної поведінки тонкостінних пружних стержнів відкритого профілю з недосконаlostями форми. Наведено варіаційне представлення методу можливих переміщень Лагранжа застосованого для формулювання крайової задачі статичної деформівного твердого тіла в лінійній і геометрично нелінійній постановках, в тому числі оболонкового скінченного елемента. Сформульована крайова задача пружної стійкості деформівного твердого тіла. Наведені чисельні методи розв'язання задач геометрично нелінійного деформування та стійкості стержнів: метод Ньютона-Рафсона та Ланцоша, які є обчислювальними процедурами комплексу NASTRAN. Розглянуто питання комп'ютерного моделювання геометричних недосконаlostей стержнів у вигляді різних біфуркаційних форм втрати стійкості із задаванням амплітуди в програмному комплексі NASTRAN за допомогою створеної автором програми.

**В третьому розділі** представлені результати тестування розробленого автором чисельного підходу щодо аналізу стійкості тонкостінних стержнів відкритого профілю з недосконаlostями форми. Досліджена ефективність комп'ютерного моделювання стержнів у вигляді сукупності оболонкових



скінченних елементів при дослідженні пружної стійкості покрівельного прогону несучого сталевого каркасу конструкції покриття торговельного комплексу в м. Миколаєві. Виконано порівняльний аналіз результатів дослідження стійкості тонкостінного стержня відкритого профілю з різними товщинами з аналітичними, чисельними і експериментальними результатами інших авторів.

**В четвертому розділі** оцінено вплив моделей геометричних недосконалостей у вигляді місцевої і загальної форм втрати стійкості на стійкість стержня відкритого профілю при дії поздовжньої сили. Представлені залежності критичних сил від моделі і амплітуди недосконалостей. Наведено відповідні форми втрати стійкості стержня, отримані при розв'язанні геометрично нелінійної задачі статички.

Досліджено сумісний вплив амплітуди геометричних недосконалостей та ексцентриситету прикладання поздовжньої сили на стійкість стержня відкритого профілю реальної конструкції. Представлені криві навантаження, гістограми критичних сил та форми втрати стійкості стержня з різними значеннями амплітуд недосконалостей та ексцентриситету.

**Наукова новизна.** Результати, що складають наукову новизну роботи, полягають у розробці нового чисельного підходу щодо дослідження статичної стійкості в нелінійній постановці тонкостінних пружних стержнів відкритого профілю з геометричними недосконалостями. Вперше розроблено алгоритм комп'ютерного моделювання стержнів відкритого профілю оболонковими скінченними елементами з геометричними недосконалостями у вигляді різних форм втрати стійкості із задаванням амплітуди за допомогою розробленої автором програми, адаптованої до програмного комплексу NASTRAN. Вперше отримано нові розв'язки практичних задач оцінки впливу моделей недосконалостей і їх амплітуд на критичні значення статичного навантаження та форми деформування стержнів відкритого профілю реальних металевих конструкцій при втраті стійкості. Вперше отримано результати аналізу одночасного впливу амплітуди недосконалостей і ексцентриситету прикладання навантаження на нелінійну поведінку та стійкість стержнів відкритого профілю.

**Достовірність результатів** підтверджується строгістю математичних перетворень, збіжністю результатів в залежності від числа невідомих скінченно-

елементної моделі та точності розв'язання системи рівнянь, порівнянням отриманих результатів з результатами інших авторів.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає у розробці нової чисельної методики дослідження тонкостінних стержнів відкритого профілю з геометричними недосконаlostями різної форми і амплітуди, яка реалізована у вигляді додаткового програмного забезпечення до існуючого комплексу скінченно-елементного аналізу і може бути застосована при проектуванні реальних конструкцій, які містять тонкостінні стержні відкритого профілю.

**Публікації за темою дисертації.** Зміст дисертаційної роботи відображено в 9 публікаціях автора: у науково фахових виданнях України – 6 статей, з яких 2 включено до міжнародних науково-метричних баз, в 3 публікаціях матеріалів міжнародних наукових та науково-практичних конференцій.

Зміст автореферату повно відображає основні положення дисертації, його оформлення відповідає всім вимогам.

По розглянутій дисертаційній роботі є такі **зауваження**:

1. На мою думку в першому розділі дисертації треба було зробити огляд існуючих граничних відхилень, які наведені в державних нормативних документах з виготовлення тонкостінних стержнів відкритого профілю.

2. З дисертації та автореферату не зрозуміло на якій підставі оболонковий скінченний елемент називається плоским.

3. В розділах 3 і 4 автором не вказано чи було досліджено вплив згущення сітки для перевірки збіжності отриманих результатів аналізу стійкості тонкостінних стержнів відкритого профілю.

4. В дисертації і авторефераті було би доцільно зазначити які переваги або недоліки має представлений автором підхід до скінченно-елементного моделювання холодногнутих профілів оболонковими скінченними елементами та геометричних недосконаlostей у вигляді форм втрати стійкості.

Зроблені зауваження не зменшують загальну позитивну оцінку виконаних досліджень. Чисельна методика, що пропонуються, є відображенням сучасних тенденцій в теорії розрахунку тонкостінних конструкцій. Дисертаційна робота Охтеня Івана Олександровича «Стійкість тонкостінних стержнів відкритого

профілю з недосконалостями форми» містить нові наукові результати в галузі будівельної механіки і виконана на високому науковому рівні та відповідає вимогам, встановленим МОН України для кандидатських дисертацій.

Вважаю, що автор дисертації Охтеня Іван Олександрович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.17 – будівельна механіка.

Офіційний опонент  
виконуюча обов'язки завідувача  
кафедри вищої математики  
Національного транспортного  
університету МОН України,  
кандидат технічних наук, доцент

Н.В. Шлюнь

Особистий підпис к.т.н., доц. Н.В. Шлюнь засвідчую  
вчений секретар Національного  
транспортного університету  
к.т.н., професор



О.І. Мельніченко