

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу
МИЦЮКА ДМИТРА ВІКТОРОВИЧА
на тему: «**НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН ЕЛЕМЕНТІВ
МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ З ДЕФЕКТАМИ РІЗНОГО
ПОХОДЖЕННЯ**»,
подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 192 - Будівництво та цивільна інженерія

Послідовний аналіз дисертації МИЦЮКА ДМИТРА ВІКТОРОВИЧА «**НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН ЕЛЕМЕНТІВ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ З ДЕФЕКТАМИ РІЗНОГО ПОХОДЖЕННЯ**» та наукових статей опублікованих у спеціалізованих журналах дає підставу сформулювати висновки щодо основних наукових положень, наукової новизни та достовірності, актуальності, ступеня обґрунтованості результатів роботи, а також практичного значення, та надати загальну оцінку дослідження

Актуальність теми дисертації

Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуальної науково-технічної задачі вдосконалення чисельних методів розрахунку та дослідження болтових з'єднань, які дозволяють враховувати реальні умови роботи конструкцій та забезпечувати підвищену точність розрахункових оцінок. Серед таких підходів особливе місце займають методи скінченних елементів, компонентні методи та нові чисельні підходи, зокрема методи зниження розмірності задачі, що дають можливість оптимізувати обчислювальні витрати без суттєвої втрати точності.

Разом з тим, питання створення ефективних алгоритмів чисельного аналізу болтових з'єднань із урахуванням просторової роботи елементів, реальних умов взаємодії та можливістю оцінки залишкового ресурсу конструкцій залишаються недостатньо дослідженими.

Таким чином, тема дисертаційної роботи є актуальною, оскільки спрямована на розроблення ефективного алгоритму розрахунку напружено-деформованого стану елементів болтових з'єднань на основі сучасних чисельних методів, що дозволяє підвищити достовірність інженерних розрахунків, забезпечити надійність конструкцій та оптимізувати їх проектування й експлуатацію.

Формулювання наукових завдань, нове вирішення яких одержано в дисертації

У дисертаційній роботі вирішено важливу науково-технічну задачу підвищення ефективності чисельного алгоритму аналізу напружено-деформованого стану болтових з'єднань металевих елементів, що забезпечує достовірне визначення розподілу зусиль і напружень у болтах та елементах, що з'єднуються, з урахуванням початкового натягу болтів та просторового характеру роботи вузла, з подальшою можливістю прогнозування механічної поведінки елементів вузла в умовах експлуатації та оцінки залишкового ресурсу конструкції в цілому.

Сформульовані та вирішені такі основні *завдання* дослідження:

- розробити алгоритм побудови розрахункової моделі болтового з'єднання на основі НМСЕ з урахуванням просторового характеру напружено-деформованого стану, елементів довільної просторової геометрії вузла;
- виконати чисельне моделювання НДС типових болтових з'єднань із застосуванням розробленого алгоритму НМСЕ та провести верифікацію отриманих результатів шляхом їх зіставлення з результатами розрахунків у програмних комплексах ЛІРА САПР та Idea StatiCa;
- дослідити вплив різних підходів до моделювання болтів та їх натягу на точність і достовірність результатів розрахунку, виявити чинники, що найбільш суттєво впливають на НДС з'єднання;
- дослідити вплив початкових і набутих в процесі експлуатації дефектів окремих елементів вузла на їх залишкову довговічність та несучу здатність з'єднання в цілому;
- на основі отриманих результатів розробити практичні рекомендації щодо застосування розробленого алгоритму для аналізу НДС болтових з'єднань, прогнозування їх ресурсу та організації системи планового технічного обслуговування відповідальних вузлів металевих конструкцій.

Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій.

Достовірність та обґрунтованість наукових висновків підтверджується зіставленням результатів НМСЕ з даними МСЕ (ПК ЛІРА САПР), Idea StatiCa та натурних фізичних дослідів. Підтверджена помірна чутливість результатів до точності задання початкового натягу: відхилення натягу на $\pm 10\%$ змінює максимальне зусилля в болті на 6–9%, що підкреслює важливість контролю натягу при монтажі та обстеженні.

Наукова новизна одержаних результатів:

- вперше розроблено алгоритм чисельного дослідження НДС болтових з'єднань металевих конструкцій на основі НМСЕ зі спеціалізованими обчислювальними процедурами;
- побудовано математичну модель пружного деформування систем типу «тіло–болт» з урахуванням контактної взаємодії; реалізовано п'ять підходів до моделювання болтів та їх попереднього натягу, у тому числі температурний підхід на основі аналогії між тепловими деформаціями та деформаціями затяжки;
- створено обчислювальний інструментарій для оцінювання залишкового ресурсу вузлів з урахуванням корозійного зносу болтів;
- набули подальшого розвитку якісні закономірності деформування болтових з'єднань у зонах переходу від стрижня до головки та різьбової частини болта.

Практичне значення одержаних результатів.

Розроблений алгоритм НМСЕ доповнює нормативний розрахунок за ДСТУ EN 1993-1-8 для задач, де спрощені компонентні моделі є недостатніми. Практичні рекомендації щодо моніторингу болтових фланцевих з'єднань мостових конструкцій включають критерії визначення критичних болтів, граничні розміри дефектів і методику оцінки залишкового ресурсу за даними обстеження.

Повнота викладення основних наукових положень в опублікованих роботах.

За матеріалами дисертації опубліковано **14 наукових праць**, у тому числі: **5 статей категорії «А»** (Web of Science/Scopus); 1 стаття категорії «Б»; 3 статті у іноземних виданнях; 5 тез на міжнародних конференціях. Публікації відображають основний зміст дисертації та свідчать про належну апробацію результатів.

Оцінка основного змісту дисертаційної роботи.

Перший розділ присвячено огляду підходів до чисельного моделювання болтових з'єднань. *Другий* містить розв'язувальні співвідношення НМСЕ. *Третій* — центральний: верифіковано п'ять підходів до моделювання болтів, підтверджена помірна чутливість результатів до точності натягу, досліджено зони концентрацій напружень у перехідних зонах болта.

Четвертий розділ присвячено дослідженню впливу дефектів на НДС болтів реального мостового з'єднання і розробленню практичних рекомендацій.

Зауваження за текстом дисертації.

1. У тексті дисертації наведено значний обсяг огляду літературних джерел і сучасних методів моделювання болтових з'єднань. Разом з тим окремі положення огляду мають переважно описовий характер і могли б бути доповнені критичним аналізом переваг та недоліків існуючих методів.

2. Температурний підхід (підхід №4) до моделювання попереднього натягу потребує більш детального пояснення у тексті дисертації — зокрема, слід чітко зазначити, що температурне навантаження прикладається виключно до стрижня болта, і навести порівняння результатів з іншими підходами задання натягу у зведеній таблиці.

3. Розроблений розрахунковий алгоритм орієнтовано на задачі, де нормативний підхід за ДСТУ EN 1993-1-8 є недостатнім. Недостатньо повно розкрито питання меж застосування запропонованого підходу при зміні геометричних параметрів з'єднань, зокрема для вузлів зі складною просторовою конфігурацією та різними типами контактних поверхонь.

4. У дисертації розглянуто вплив попереднього натягу болтів та дефектів на напружено-деформований стан конструкцій. Доцільно було б більш детально обґрунтувати вибір моделей дефектів та їх параметрів, а також пояснити, наскільки прийняті варіанти відповідають реальним експлуатаційним пошкодженням. У роботі зазначено, що деформації тіла болта можуть призводити до зростання максимальних напружень **понад 17 %**, однак механізм такого впливу потребує додаткового аналізу.

5. Моделювання зон концентрацій напружень у перехідних зонах болта виконується через коефіцієнти концентрації. Доцільно навести у тексті порівняння значень цих коефіцієнтів з довідковими даними для підтвердження коректності прийнятого підходу.

6. При порівнянні результатів різних методів розрахунку наведено хорошу збіжність отриманих значень напружень. Однак недостатньо висвітлено питання чутливості результатів до параметрів скінченно-елементної моделі: густини сітки, порядку апроксимації, способу задання контактної взаємодії та умов закріплення.

7. У роботі використано просторові моделі болтових з'єднань із врахуванням контактної взаємодії та попереднього натягу. Водночас потребує уточнення питання врахування *нелінійних властивостей матеріалу* при оцінці граничного стану, оскільки в реальних конструкціях можливі локальні пластичні деформації в зоні контакту болта і з'єднуваних елементів.

8. Представлені результати підтверджують ефективність використання НМСЕ для скорочення обчислювальних витрат порівняно з повними тривимірними моделями МСЕ. Проте у роботі недостатньо наведено кількісну оцінку економії часу розрахунку та ресурсів при однакових вихідних умовах.

9. Практичні рекомендації щодо технічного контролю болтових з'єднань мають прикладне значення. Водночас бажано було б ширше розглянути питання експериментальної верифікації запропонованих моделей, оскільки експериментальне підтвердження чисельних результатів є важливим етапом оцінювання достовірності розрахункових методик.

10. У деяких місцях дисертації зустрічаються складні для сприйняття формулювання та надмірно довгі речення, що ускладнює сприйняття матеріалу. Доцільним є додаткове стилістичне редагування тексту.

Наведені зауваження не знижують загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи та носять дискусійний характер

Загальний висновок.

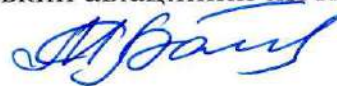
Дисертаційна робота «**Напружено-деформований стан елементів металевих конструкцій з дефектами різного походження**» відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, а її автор — **Мицюк Дмитро Вікторович** — заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Офіційний опонент:

професор кафедри будівництва та цивільної інженерії

Національного університету «Київський авіаційний інститут»,

доктор технічних наук, професор



Марія БАРАБАШ

Власний підпис М.С. Барабаш засвідчую.

Вчений секретар

Національного університету «Київський авіаційний інститут»,

