

## **ВІДГУК**

**опонента на дисертаційну роботу Максим'юка Олександра Всеволодовича  
«Чисельне дослідження формозмінення просторових тіл  
напіваналітичним методом скінченних елементів»,  
представлену на здобуття освітньо-наукового ступеня доктора філософії  
за спеціальністю 131 «Прикладна механіка»**

Відгук підготовлено на підставі вивчення поданої дисертаційної роботи, яка складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, ілюстративної частини, списку використаних джерел та додатків, а також наукових публікацій, зарахованих за темою дисертаційної роботи.

### **Актуальність теми дослідження.**

Для сучасного енергетичного машинобудування характерне зростання навантажень, що діють, і підвищення вимог, як до матеріаломісткості відповідальних елементів конструкцій, так і до точності прогнозування їхнього напружено-деформованого стану, яке призводить до необхідності вдосконалення існуючих та розробки нових методик розрахунку деталей енергетичного обладнання з урахуванням особливостей деформування матеріалу у реальних умовах експлуатації. Враховуючи складність геометричних форм досліджуваних об'єктів та одночасність протікання у матеріалі процесів деформування різної фізичної природи єдиним можливим шляхом комплексного урахування перерахованих факторів є розв'язання задачі з використанням чисельних методів, найбільш поширеним серед яких є метод скінчених елементів (МСЕ). У дисертаційній роботі значно розширити можливості МСЕ на дослідження просторових тіл дозволив його напіваналітичний варіант (НМСЕ), автором поставлено завдання про створення ефективної скінченноелементної методики розв'язання складних просторових задач термопружності та термопластичності як при малих, так і великих пластичних деформаціях. При цьому автором детально та в достатньому обсязі проведено огляд стану досліджень та правильну недостатність результатів у цій галузі знань.

Резюмуючи можна стверджувати, що вибраний напрямок досліджень є перспективним, а обрана тема дисертації і поставлені в ній завдання щодо розв'язання задач по визначенню напружено-деформованого стану криволінійних неоднорідних призматичних тіл при фізичній та геометрично нелінійній постановці на основі методу скінченних елементів є актуальними.

**Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.** Достовірність та обґрунтованість наукових висновків дисертації обумовлюється використанням фундаментальних положень механіки суцільних середовищ, будівельної механіки, нелінійної теорії пружності; сучасних методів проведення чисельних експериментів; новітніх програмних комплексів на основі методу скінчених елементів (МСЕ), а також задовільною збіжністю відомих аналітичних, чисельних та експериментальних даних із отриманими на базі запропонованої методики рішеннями.

**Наукова новизна одержаних результатів:**

- створена на основі МССЕ та НМСЕ ефективної методики чисельного розв'язання задач термопружності та термопластичності для довільно навантажених масивних та тонкостінних просторових призматичних тіл із змінними фізико-механічними та геометричними характеристиками;
- розроблений підхід розвинений стосовно дослідження напружено-деформованого стану об'єктів з урахуванням великих пластичних деформацій і деформацій повзучості;
- побудовані ефективні алгоритми обчислення параметрів напружено-деформованого стану конструкцій та споруд при їх взаємодії із зміцнюваним пружнопластичним ґрунтовим середовищем;
- проведено всесторонній аналіз збіжності та достовірності розв'язків на основі розв'язання великої кількості контрольних прикладів, що охоплюють всі процеси і об'єкти, які розглядаються;
- отримані нові розв'язки складних практичних задач пружно-пластичного деформування криволінійних неоднорідних призматичних тіл при термомеханічних впливах.

**Практичне значення одержаних результатів.**

В ході виконання роботи створене теоретичне підґрунтя для розробки сучасних обчислювальних комплексів, орієнтованих на розв'язання складних реальних задач, що наразі стоять перед будівельною механікою та механікою деформівного твердого тіла. Реалізовані підходи дозволять більш повно та ефективно описувати різноманітні процеси нелінійного деформування просторових систем складної структури, скоротити витрати або замінити вартісні натурні випробування реальних конструкцій чисельними експериментами.

Розроблена методика і алгоритми реалізовані у вигляді пакету прикладних програм і можуть використовуватися в проектній практиці, наукових дослідженнях, навчальному процесі. Окремі результати дисертаційної роботи використані в навчальному процесі на кафедрі будівельної механіки Київського національного університету будівництва і архітектури.

**Повнота викладу основних наукових положень, висновків, рекомендацій в опублікованих роботах.**

По матеріалах досліджень за темою дисертації опубліковано 16 наукових праць, 6 з яких – у виданні, включених до переліку наукових фахових видань України з присвоєнням категорії “А”, 4 статті у науковому виданні, включених до переліку наукових фахових видань України категорії «Б», одна монографія та 5 праць є тезами доповідей вітчизняних та закордонних конференцій.

Публікації відображають основний зміст дисертації. Отримані в дисертації результати теоретичних і чисельних експериментальних досліджень досить повно апробовані на конференціях і науково-технічних семінарах.

**Оцінка основного змісту дисертаційної роботи.**

**У вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету і завдання досліджень, визначено об’єкт і предмет досліджень, викладено наукову новизну та практичну значимість отриманих результатів в умовах проектування та навчального процесу, описано особистий внесок здобувача, наведено структуру і обсяг дисертаційної роботи, надані відомості про апробацію та публікації. Виконаний огляд вітчизняних та закордонних літературних джерел, в котрих викладено аналіз сучасних проблем дослідження.

За результатами виконаного огляду сформульовані мета і завдання досліджень.

**В першому розділі** присвячено побудові розв’язувальних співвідношень НМСЕ для фізичного і геометрично нелінійних задач. Наведені вихідні співвідношення просторової задачі теорії пружності, пластичності і повзучості. Вперше приведений криволінійний неоднорідний призматичний скінчений елемент для дослідження призматичних тіл зі змінними геометричними і фізичними характеристиками.

**В другому розділі** автором розроблено модифікації чисельних процедур розв’язання систем лінійних і нелінійних рівнянь в задачах деформування для криволінійних неоднорідних призматичних тіл. Показана ефективність використання напіваналітичного методу скінчених елементів для криволінійних неоднорідних призматичних тіл в пружній та пружно-пластичній постановці

**В третьому розділі** в рамках напіваналітичного методу скінчених елементів виконано дослідження збіжності і достовірності даного підходу для криволінійних неоднорідних призматичних тіл. Виконано порівняння збіжності результатів розрахунку традиційним МСЕ та НМСЕ.

**В четвертому розділі** на основі розв’язання ряду прикладних задач продемонстровано ефективність запропонованої методики. Розглянуто умови

експлуатації та напружено-деформований стан трубчатого елемента та корпусної деталі та виконано аналіз процесу протяжки полоси прямокутного перерізу.

**В загальних висновках** по роботі сформульовані основні досягнення дисертації, зроблені пропозиції та рекомендації наукового і практичного характеру.

#### **Зауваження за текстом дисертації.**

1. В роботі не зазначені обмеження на діапазон температур та матеріали, для яких може бути застосована розроблена методика.

2. У висновках недостатньо висвітлено розроблену методику розв'язку геометрично нелінійних задач.

3. Не зрозуміло за якими параметрами та характеристиками розроблені скінченні елементи відрізняються від раніше розроблених скінченних елементів і в чому полягає їх застосування саме при використанні напіваналітичного методу скінчених елементів.

4. Не зрозуміло чи проводився аналіз врахування товщин конструкцій при розрахунках на розподілені навантаження по всій площині. Для дослідження роботи загального просторового елемента це дуже характерний приклад.

5. На ряді рисунків відсутні позначення осей, що ускладнює їх розуміння.

6. Доцільно було б виконати верифікацію розроблених підходів та алгоритмів з загально-відомими програмними комплексами.

Наведені вище зауваження не впливають на обґрунтованість наукових положень та висновків дисертації і не знижують загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

#### **Оцінка змісту дисертації, її завершеність в цілому, оформлення.**

За ознаками об'єкту та предмету дослідження, наукової та практичної новизни результатів, дисертаційна робота відповідає спеціальності 131 «Прикладна механіка».

В роботі на основі напіваналітичного МСЕ розроблена ефективна чисельна методика розв'язання просторових задач термопружності, термопластичності при малих і великих пластичних деформаціях для криволінійних неоднорідних призматичних тіл з довільними граничними умовами на торцях. Автором вперше розроблено пакет прикладних програм, які реалізують вищевикладені підходи. Виконано численні експериментальні дослідження, що підтверджують запропоновану модель, здійснено впровадження результатів роботи. Завдання, поставлені в дисертації, виконані повністю.

### **Загальний висновок.**

Дисертаційна робота «Чисельне дослідження формозмінення просторових тіл напіваналітичним методом скінченних елементів» є завершеною науко-дослідницькою роботою, яка повністю відображає основні теоретичні та практичні положення роботи, відповідає встановленим вимогам, що висуваються до дисертацій, які подаються на здобуття ступеня доктора філософії, згідно «Порядку присудження ступеня доктора філософії ...», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. №44, та напрямку наукового дослідження освітньо-наукової програми КНУБА з вищезазначеної спеціальності, а її автор Максим'юк Олександр Всеволодович, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії з галузі знань - 13 – Механічна інженерія за спеціальністю 131 «Прикладна механіка».

Опонент:

Доктор технічних наук, професор,  
професор кафедри комп'ютерних технологій  
будівництва Національного авіаційного університету  
МОН України



Марія БАРАБАШ