

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації

на тему:

«Чисельне дослідження формозмінення просторових тіл напіваналітичним
методом скінченних елементів»,

здобувача ступеня доктора філософії

Максим'юк Олександр Всеволодович

з галузі знань 13 – Механічна інженерія

за спеціальністю 131 – Прикладна механіка

1. Актуальність теми дисертаційного дослідження Максим'юка Олександра Всеволодовича пов'язана з дослідженням однієї із важливих проблем урахування впливу формозмінення на напружено-деформований стан для криволінійних неоднорідних призматичних тіл. Автором на основі напіваналітичного методу скінченних елементів 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. Автор поставив перед собою завдання розробити методику і алгоритми, які реалізовані у вигляді пакетів прикладних програм і можуть використовуватися в проектній практиці, наукових дослідженнях, навчальному процесі.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконана у відповідності до загального плану наукових досліджень кафедри будівельної механіки Київського національного університету будівництва і архітектури (КНУБА) і Науково-дослідного інституту будівельної механіки КНУБА (НДІБМ КНУБА) за темами 1ДБ-2019 «Створення комп'ютерних технологій дослідження несучої здатності просторових тіл складної форми з тріщинами на основі енергетичних критеріїв руйнування» (2019-2021 рр., № держ. реєстрації 0119U004841), 2ДБ-2019 «Чисельні методи дослідження та прогнозування нелінійних коливань, динамічної стійкості та кризових явищ і хаотичної поведінки пружних систем» (2019-2021 рр., № держ. реєстрації 0119U002578), 1ДБ-2020 «Теорія і методи чисельного дослідження динамічного фізично та геометрично нелінійного деформування просторових тіл» (2020-2022 рр., № держ. реєстрації 0120U001011), 5ДБ-2022 «Теорія і методи дослідження неізотермічного фізично нелінійного деформування просторових тіл обертання з урахуванням динамічного навантаження» (2022-2024 рр., № держ. реєстрації 0122U001709), що виконувались за напрямком 05 – «Нові комп'ютерні засоби та технології інформатизації суспільства» за дорученням МОН України. Автор брав безпосередню участь у виконанні цих науково-дослідних робіт.

Результати дисертаційної роботи використані у навчальному процесі на кафедрі будівельної механіки Київського національного університету будівництва і архітектури при виконанні наступних магістерських робіт: «Розрахунок корпусних деталей занурюваних глибоководних апаратів з урахуванням фізичної і геометричної нелінійності» (2023 р.), «Резервуар вертикальний сталевий для зберігання нафти і нафтопродуктів» (2024 р.).

Окремі результати роботи було використано при розробці нових розділів спецкурсу «Сучасні підходи до розрахунку просторових конструкцій при статичних і динамічних впливах», який викладається для магістрів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія», на будівельному факультеті Київського національного університету будівництва і архітектури, освітня програма «Промислове та цивільне будівництво», а також навчальної дисципліни «Програмне забезпечення конструкторських розрахунків», що викладається для магістрів спеціальностей 131 «Прикладна механіка» та 192 «Будівництво та цивільна інженерія», на будівельному факультеті Київського національного університету будівництва і архітектури.

3. Наукова новизна одержаних результатів.

У дисертації одержані наступні наукові результати.

Уперше:

- на основі напіваналітичного методу скінчених елементів 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;

- розроблений криволінійний неоднорідний призматичний скінчений елемент, оригінальний для дослідження масивних і тонкостінних просторових конструкцій, матриця жорсткості якого виведена у відповідності з методикою напіваналітичного методу скінчених елементів;

- проведено порівняння ефективності напіваналітичного методу скінчених елементів і традиційного методу скінчених елементів, що охоплює ряд аспектів: дослідження збіжності ітераційного процесу розв'язання систем лінійних і нелінійних рівнянь в залежності від вибору параметра релаксації, порівняння збіжності апроксимації переміщень при збільшенні числа членів розкладу, викликане вибором системи базисних функцій і її вплив на ефективність метода в цілому;

- розроблений комплекс програм, який реалізує напіваналітичний метод скінчених елементів стосовно криволінійних неоднорідних призматичних тіл з урахуванням фізично і геометрично нелінійних задач.

Удосконалено:

- методику і алгоритми напіваналітичного методу скінчених елементів для нового класу задач, які реалізовані у вигляді пакету

прикладних програм і можуть використовуватися в проектній практиці, наукових дослідженнях, навчальному процесі.

Отримали подальший розвиток:

– результати роботи можуть бути застосовані в наукових і проектно-конструкторських установах, при дослідженні процесів деформування криволінійний неоднорідний призматичний тіл з урахуванням фізичної і геометричної нелінійності, при проведенні розрахунків на міцність і прогнозуванні ресурсу відповідальних елементів конструкцій в машинобудуванні, енергетиці, та транспорті.

4. Теоретичне та практичне значення результатів дисертації.

Дисертація містить наукові положення, нові науково обґрунтовані теоретичні результати проведених досліджень, які мають істотне значення для галузі знань 13 «Механічна інженерія».

Теоретичне значення дисертаційного дослідження створює новий формат вивчення 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. Створюється підхід розвинений стосовно дослідження напружено-деформованого стану об'єктів з урахуванням великих пластичних деформацій і деформацій повзучості.

Дисертантом описуються низку нових складних задач пружно-пластичного деформування криволінійних неоднорідних призматичних тіл при термомеханічних впливах.

Практичне значення дисертаційного дослідження полягає в тому, що розроблена методика реалізована у вигляді комплексу програм та може бути використана у проектно-конструкторській практиці при аналізі напружено-деформованого стану криволінійних призматичних конструкцій з урахуванням залежності характеристик матеріалу від температури, великих пластичних деформацій та деформацій повзучості. Широкі можливості застосування методики та програм ілюструються розв'язанням низки складних прикладних задач.

Результати дослідження реалізовані в декількох науково-дослідних розробках: «Створення комп'ютерних технологій дослідження несучої здатності просторових тіл складної форми з тріщинами на основі енергетичних критеріїв руйнування», «Чисельні методи дослідження та прогнозування нелінійних коливань, динамічної стійкості та кризових явищ і хаотичної поведінки пружних систем», «Теорія і методи чисельного дослідження динамічного фізично та геометрично нелінійного деформування просторових тіл», «Теорія і методи дослідження неізотермічного фізично нелінійного деформування просторових тіл обертання з урахуванням динамічного навантаження».

5. Використання результатів роботи.

Результати дослідження впроваджено у освітній процес закладу вищої освіти: Київського національного університету будівництва і архітектури

(довідка про впровадження результатів дисертаційної роботи, №14-1.9/560, від 01.07.2024 р.) та у науково-дослідному інституті будівельної механіки Київського національного університету будівництва і архітектури (довідка про впровадження результатів дисертаційної роботи №14-1.9/563, від 1.07.2024 р.).

6. Особиста участь автора в одержанні наукових та практичних результатів, що викладені в дисертаційній роботі є самостійною науковою працею, у якій висвітлено власні ідеї та розробки автора, що дали змогу вирішити поставлені завдання. Робота містить теоретичні та практичні положення та висновки, сукупність яких кваліфікується як вагомий внесок у розвиток напіваналітичного методу скінчених елементів. Основні положення та результати дисертаційної роботи одержані автором особисто, що засвідчується велика кількість публікацій. При цитуванні інших авторів здійснено посилання на відповідні джерела.

Дисертаційна робота виконана на кафедрі будівельної механіки Київського Національного університету будівництва і архітектури, науковий керівник – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри будівельної механіки Козак Андрій Анатолійович.

Розглянувши звіт подібності щодо перевірки на плагіат, зроблено висновок, що дисертаційна робота Максим'юка О.В. є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів плагіату та запозичень. Максимальний відсоток співпадіння, виявлений у системі перевірки: Strike Plagiarism – двадцять п'ять цілих двадцять п'ять гривень, дев'яносто чотири копійки десятих (25,94 %). Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Дисертація характеризується єдністю змісту та відповідає вимогам щодо її оформлення.

7. Перелік публікацій за темою дисертації із зазначенням особистого внеску здобувача.

За результатами досліджень опубліковано 16 наукових праць, у тому числі: 6 статей у наукових фахових виданнях України категорії «А»; 4 статей у наукових фахових виданнях України категорії «Б»; 1 – монографія; 5 тез наукових доповідей в збірниках матеріалів міжнародних конференцій.

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

а) статті у наукових виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України (в т.ч. включених до переліку наукових фахових видань України з присвоєнням категорії «А»):

1. Bazhenov V.A., Maksimyuk Yu.V., Horbach M.V., Martyniuk I.Yu., Maksimyuk O.V. Convergence of the finite element method and the semi-analytical finite element method for prismatic bodies with variable physical and geometric parameters. Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific-&-Technical collected articles – Kyiv: KNUCA, 2021. – Issue 106. – P. 92-104. <https://doi.org/10.32347/2410-2547.2021.106.92-104> (Видання включено до

міжнародних наукометричних баз). Особисто автором розглянуто велику кількість тестових задач для тіл з плавно і стрибкоподібно мінливим фізичними та геометричними характеристиками в пружній та пружно-пластичній постановці.

2. Vorona Y.V., Maksimiyuk Yu.V., Martyniuk I.Yu., Maksimiyuk O.V. Reliability of results obtained by semi-analytical finite element method for prismatic bodies with variable physical and geometric parameters. Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific-&-Technical collected articles – Kyiv: KNUCA, 2021. – Issue 107. – P. 184-192. <https://doi.org/10.32347/2410-2547.2021.107.184-192> (Видання включено до міжнародних наукометричних баз). Особисто автором показана ефективність застосування напіваналітичного методу скінчених елементів до розрахунку криволінійних неоднорідних призматичних об'єктів.

3. Maksimiyuk Yu.V., Chuprina Yu.A., Kozak O.V., Martyniuk I.Yu., Maksimiyuk O.V. Investigation of the influence of flange thickness on the nature of the development of zones of plasticity in casing detail. Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific-&-Technical collected articles – Kyiv: KNUCA, 2022. – Issue. 108. – P. 97-106. <https://doi.org/10.32347/2410-2547.2022.108.97-106> (Видання включено до міжнародних наукометричних баз). Особисто автором виконано чисельний аналіз напружено-деформованого стану просторового об'єкту, а саме дослідження впливу товщини фланця на характер розвитку зон пластичності в корпусній деталі.

4. Maksimiyuk Yu.V., Kuzminets M.P., Martyniuk I.Yu., Maksimiyuk O.V. Research of the stressed and deformed state of a metal strip in the broaching process. Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific-&-Technical collected articles – Kyiv: KNUCA. – Issue 109. – P. 229-238. <https://doi.org/10.32347/2410-2547.2022.109.229-238> (Видання включено до міжнародних наукометричних баз). Особисто автором на основі напіваналітичного методу скінчених елементів розв'язання просторової задачі пластичного формозмінення призматичного тіла і проведено аналіз процесу протягування смуги в процесі обробки металом тисненням.

5. Maksimiyuk Yu.V., Kozak O.V., Martyniuk I.Yu., Maksimiyuk O.V. Numerical analysis of the stressed-deformed state of a tubular element under thermal loading. Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific-&-Technical collected articles – Kyiv: KNUCA, 2023. – Issue 110. – P. 199-206 <https://doi.org/10.32347/2410-2547.2023.110.199-206> (Видання включено до міжнародних наукометричних баз). Особисто автором вивчено напружено-деформований стан трубчастого елемента з прямокутним вирізом в умовах термосилового навантаження.

6. Maksimiyuk Yu.V., Andriievskiy V.P., Martyniuk I.Yu., Maksimiyuk O.V. Analysis of structures with arbitrary kinematic boundary conditions by the semi-analytical finite element method. Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific-&-Technical collected articles – Kyiv: KNUCA, 2023. – Issue 111. – P. 140-146. <https://doi.org/10.32347/2410-2547.2023.111.140-146> (Видання включено до міжнародних наукометричних баз). Особисто автором у процесі

розв'язання нових задач оцінка збіжності результатів проводилася на основі послідовного збільшення скінчених елементів і утримуваних членів розкладання, підвищення точності систем лінійних і нелінійних рівнянь, а також перевірялася точність задоволення природним граничним умовам.

б) статті у науковому виданні, включеному до переліку наукових фахових видань України категорії «Б» :

7. Максим'юк Ю., Козак А., Максим'юк О. Розв'язувальні співвідношення моментної схеми скінчених елементів в задачах термов'язкопружнопластичного деформування. Будівельні конструкції теорія і практика – 2019. – Вип. 4. – С. 10–20. <https://doi.org/10.32347/2522-4182.4.2019.10-20> Особисто автором отримані розрахункові співвідношення моментної схеми скінчених елементів для розв'язання геометрично нелінійних задач термов'язкопружнопластичності з урахуванням пошкодженості матеріалу.

8. Гуляр О., Максим'юк Ю., Козак А., Максим'юк О. Універсальний призматичний скінчений елемент загального типу для фізично і геометрично нелінійних задач деформування призматичних. Будівельні конструкції теорія і практика – 2020. – Вип. 6. – С. 72–84. <https://doi.org/10.32347/2522-4182.6.2020.72-84> Особисто автором на основі високо ефективної моментної схеми скінчених елементів побудовані розв'язувальні співвідношення для універсального призматичного СЕ загального типу.

9. Максим'юк Ю., Гончаренко М, Мартинюк І., Максим'юк О. Алгоритм розв'язання системи лінійних та нелінійних рівнянь напіваналітичним методом скінчених елементів для криволінійних неоднорідних призматичних тіл. Будівельні конструкції теорія і практика – 2020. – Вип. 7. – С. 101–108. <https://doi.org/10.32347/2522-4182.7.2020.101-108> Особисто автором реалізовано алгоритм методу блочних ітерацій розв'язання лінійних і нелінійних рівнянь напіваналітичним методом скінчених елементів для криволінійних неоднорідних призматичних тіл

10. Максим'юк Ю., Козак А., Мартинюк І., Максим'юк О. Особливості виведення формул для обчислення вузлових реакцій і коефіцієнтів матриці жорсткості скінченого елемента з усередненими механічними і геометричними параметрами. Будівельні конструкції теорія і практика. – 2021. – Вип. 8. – С. 97–108. <https://doi.org/10.32347/2522-4182.8.2021.97-108> Особисто автором виведені формули обчислення вузлових реакцій і коефіцієнтів матриці жорсткості скінченого елемента з усередненими механічними і геометричними параметрами для дослідження масивних, тонкостінних і комбінованих конструкцій.

в) Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

11. Баженов В.А., Максим'юк Ю.В., Мартинюк І.Ю., Максим'юк О.В. Напіваналітичний метод скінчених елементів в просторових задачах деформування, руйнування та формозмінення тіл складної структури – Київ: Вид-во “Каравела”, 2021. – 280с. ISBN 978-966-8019-59-3 Одноосібно три глави у колективній монографії

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

1. Максим'юк Ю.В., Мартинюк І.Ю., Максим'юк О.В. Напіваналітичний метод скінчених елементів в лінійних і нелінійних задачах деформування, руйнування та формозмінення просторових тіл з урахуванням неканонічності форми та складної структури. III Науково-практична конференція «Будівлі та споруди спеціального призначення: сучасні матеріали та конструкції» – К.: КНУБА., 25-25.09.2021 – 73-74с.

2. Максим'юк Ю., Мартинюк І., Максим'юк О. Моментна схема скінчених елементів в геометрично та фізично нелінійних задачах деформування вісесиметричних тіл обертання з урахуванням континуального руйнування. IV Науково-практична конференція «Будівлі та споруди спеціального призначення: сучасні матеріали та конструкції» кафедра ЗБК, КНУБА, 26 квітня 2023.

3. Maksimyyuk Yu.V., Martyniuk I.Yu., Maksimyyuk O.V. Research of convergence, reliability and efficiency of the results obtained using the given finite elements. Materiály XX Mezinárodní vědecko - praktická konference «Věda a technologie: krok do budoucnosti», Volume 4 : Praha. 2023. Pp. 91-94. Publishing House «Education and Science» -96 s. ISSN 1561-6940 (online).

4. Maksimyyuk Yu.V., Martyniuk I.Yu., Maksimyyuk O.V. The effectiveness of the algorithm for solving nonlinear equations in isotropic load. Scientific progress: innovations, achievements and prospects. Proceedings of the 6th International scientific and practical conference. MDPC Publishing. Munich, Germany. 2023. Pp. 117-120.

5. Maksimyyuk Yu.V., Martyniuk I.Yu., Maksimyyuk O.V. Study of the influence of taking into account geometric nonlinearity on the value of the resource of a christmas tree joint under creep conditions. Modern research in science and education. Proceedings of the 2nd International scientific and practical conference. BoScience Publisher. Chicago, USA. 2023. Pp. 148-150.

Особистий внесок здобувача: текстова частина про розвиток моментної схеми скінчених елементів на основі напіваналітичного методу скінчених елементів для фізично і геометрично нелінійних задач криволінійних неоднорідних призматичних тіл.

ВВАЖАТИ, що дисертаційна робота Максим'юка О.В. на тему «Чисельне дослідження формозмінення просторових тіл напіваналітичним методом скінчених елементів», яка подана на здобуття ступеня доктора філософії, за своїм науковим рівнем та практичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам пп. 5, 6, 7, 8, 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, та відповідає напрямку наукового дослідження освітньо-наукової програми КНУБА зі спеціальності 131 «Прикладна механіка».

РЕКОМЕНДУВАТИ:

1. Дисертаційну роботу «Чисельне дослідження формозмінення просторових тіл напіваналітичним методом скінченних елементів», подану Максим'юком Олександром Всеволодовичем на здобуття ступеня доктора філософії зі спеціальності 131 «Прикладна механіка», до захисту.

2. Головою спеціалізованої вченої ради призначити:

– доктора технічних наук, професора Солодея Івана Івановича, професора кафедри будівельної механіки Київського національного університету будівництва і архітектури;

Рецензентами призначити:

– доктора технічних наук, професора Вабіщевича Максима Олеговича, професора кафедри будівельної механіки Київського національного університету будівництва і архітектури;

– кандидата технічних наук, доцента Костіну Олену Володимирівну, доцента кафедри будівельної механіки Київського національного університету будівництва і архітектури.

Опонентами призначити:

– доктора технічних наук, професора Пискунова Сергія Олеговича, завідувача кафедрою динаміки і міцності машин та опору матеріалів Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

– доктора технічних наук, професора Барабаш Марину Сергіївну, професора кафедри комп'ютерних технологій будівництва та реконструкції аеропортів, Національний авіаційний університет.

Рішення прийнято одногосно (за – 20, проти – немає, утримались – немає).

Головуючий розширеного засідання кафедри
будівельної механіки КНУБА
доктор технічних наук, професор



Петро ЛІЗУНОВ

Секретар розширеного засідання кафедри
будівельної механіки КНУБА
доктор технічних наук, професор



Юрій МАКСИМ'ЮК

Підписи П.П. Лізунова та
Ю.В. Максим'юка засвідчую
Секретар вченої ради КНУБА



Микола КЛИМЕНКО