



**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Проректор з наукової роботи  
Національного технічного університету  
«Харківський політехнічний інститут»

Андрій МАРЧЕНКО

31 січня 2025 р.

## **ВИСНОВОК**

**про наукову новизну, теоретичне  
та практичне значення результатів дисертаційної роботи**

**Шматко Тетяни Валентинівни**

**на тему «Математичне моделювання та розробка чисельно-аналітичних  
методів дослідження функціонально-градієнтних пологих оболонок та  
пластин з використанням теорії R-функцій», поданої на здобуття наукового  
ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне  
моделювання та обчислювальні методи**

Рішенням Вченої ради Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» від 27 грудня 2024 року, протокол № 10 рецензентами дисертаційної роботи Шматко Тетяни Валентинівни на тему «Математичне моделювання та розробка чисельно-аналітичних методів дослідження функціонально-градієнтних пологих оболонок та пластин з використанням теорії R-функцій», що подана на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи призначено: завідувачку кафедри вищої математики, д.ф.-м.н., професора Першину Юлію Ігорівну; професора кафедри вищої математики, д.т.н., професора Ваніна Віктора Антоновича; професора кафедри комп'ютерного моделювання процесів і систем, д.т.н., професора Бреславського Дмитра Васильовича.

Тему дисертаційної роботи затверджено на засіданні вченої ради НТУ «ХПІ» 26.11.2021 р., протокол № 11.

Дисертаційну роботу виконано на кафедрі вищої математики Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут».

Фаховий семінар для апробації докторської дисертаційної роботи з залученням фахівців з галузі був проведений 29 січня 2025 року (протокол № 6).

Рецензенти, розглянувши докторську дисертацію та наукові публікації, в яких висвітлені основні наукові результати докторської дисертації, а також за результатами фахового семінару дійшли наступних висновків:

**1. Дисертаційна робота Шматко Тетяни Валентинівни на тему «Математичне моделювання та розробка чисельно-аналітичних методів**

дослідження функціонально-градієнтних пологих оболонок та пластин з використанням теорії R-функцій» є завершеною науково-дослідною роботою, яка спрямована на розв'язання важливої науково-технічної проблеми розробки ефективних чисельно-аналітичних методів дослідження статичної та динамічної поведінки елементів конструкцій, виготовлених із сучасних матеріалів, на основі математичних моделей, які враховують особливості процесів їх деформування: нелінійності, наявності пористості, пружної основи, розподілення об'ємних часток складових ФГМ, геометрії та виду умов закріплення.

**2. Науковий рівень дисертаційної роботи** відповідає діючим вимогам до атестації здобувачів наукового ступеня доктора наук, Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук, затвердженого Постановою КМУ від 17 листопада 2021 року №1197, а саме:

*щодо пунктів 7 та 9 – дисертаційна робота подана у вигляді спеціально підготовленого рукопису, виконана державною мовою, є кваліфікаційною науковою працею, виконаною особисто здобувачкою, характеризується єдністю змісту, має встановлену вимогами структуру: анотацію, вступ, дев'ять розділів, висновки, список використаних джерел, додатки, містить нові науково обґрунтовані результати проведених здобувачкою досліджень, які виконують конкретне наукове завдання, що має суттєве значення для машинобудівної, авіаційної, оборонної та інших видів промисловості України.*

У дисертаційній роботі вперше: за допомогою теорії R-функцій розроблено чисельно-аналітичний метод дослідження функціонально-градієнтних одношарових та сендвіч пологих оболонок і пластин складної геометричної форми з різними видами граничних умов; розроблено метод розв'язання задач стійкості ФГМ пологих оболонок та пластин з урахуванням неоднорідного докритичного стану, нерівномірного стискаючого навантаження, степеневого та сигмоїдального законів розподілення об'ємної долі кераміки та металу вздовж товщини шарів; побудовано варіаційні постановки допоміжних задач, розв'язок яких використовується для реалізації запропонованого метода при дослідженні геометрично нелінійних процесів; виведені аналітичні формули для обчислення елементів матриць, що визначають, зусилля, моменти та перерізуючі сили для різного розподілення об'ємних частин кераміки та металу з урахуванням степеневого та сигмоїдального законів для одношарових та сендвіч ФГМ оболонок, в тому числі пористих; отримані аналітичні формули для обчислення коефіцієнтів нелінійного звичайного диференціального рівняння, до якого зведено вихідну нелінійну систему руху; створено програмне забезпечення для реалізації розробленого методу в рамках системи POLE-RL, яке було

використано для розв'язання нових задач; отримано нові результати впливу об'ємної долі кераміки для одношарових ФГМ пологих оболонок складної геометричної форми; вивчено вплив товщини лицевих шарів та заповнювача, типу ФГМ, показника степеня об'ємної частки кераміки на власні частоти лінійних та нелінійних коливань для сендвіч ФГМ пологих оболонок; досліджено вплив різних видів пористості на динамічну поведінку ФГМ пологих оболонок та пластин з отворами та вирізами; проаналізовано вплив пружної основи на власні частоти і частоти нелінійних коливань ФГМ пологих оболонок та пластин різної геометричної форми, в тому числі змінної товщини; визначено критичне навантаження ФГМ пластин та пологих оболонок з отворами при різних умовах їх закріплення, різних законах стискаючого навантаження для різних законів розподілення об'ємної долі кераміки; вірогідність розробленого методу підтверджено практичним експериментом та застосуванням інших методів, які базуються на МСЕ.

На основі проведених досліджень проаналізовано вплив різних факторів на власні частоти та поведінку скелетних кривих ФГМ пластин і пологих оболонок з метою надання відповідних рекомендацій для інженерів-конструкторів при проектуванні сучасних конструкцій.

Практичне значення роботи полягає в тому, що розроблений підхід і відповідне програмне забезпечення на платформі системи POLE-RL дозволили виконати багатоваріантні чисельні експерименти і дослідити лінійні та геометрично нелінійні коливання, а також стійкість одношарових та сендвіч ФГМ пологих оболонок/пластин складної геометричної форми. Моделі, методи, алгоритми, відповідне програмне забезпечення, які запропоновані в дисертаційній роботі, використані під час наукового співробітництва в рамках проекту Програми НАТО «Наука заради миру та безпеки» CoMetA G6176 в період з 2023 року по теперішній час.

### **3. Актуальність досліджень.**

Серед сучасних композитних матеріалів найбільш широко використовуються функціонально-градієнтні матеріали (ФГМ). Особливо це стосується таких галузей промисловості, як ракетно-космічна, машинобудівна, літакобудівна, також промислове та житлове будівництво. Це пов'язано з великими перевагами ФГМ в порівнянні з традиційними композитами, а саме вони забезпечують високе співвідношення міцності до ваги, відмінну термостійкість матеріалів та усувають концентрацію напруги.

Сендвіч-конструкції є ефективною ілюстрацією застосування ФГМ. В останні роки опубліковано велику кількість робіт, присвячених розробці методів

дослідження ФГМ пластин та оболонок, як важливих складових багатьох сучасних конструкцій. З попереднього огляду літератури, випливає, що для дослідження таких об'єктів використовуються різні підходи, засновані на застосуванні 3D-теорій або квазі 3D (синусоїдальна та гіперболічна), а також на 2D теоріях. При цьому у більшості робіт був використаний МСЕ. Велика кількість дослідників для аналізу лінійних коливань використовували метод Релея-Рітца. Як правило досліджувались пластини та оболонки з прямокутною формою плану. З огляду на існуючу літературу можна зробити висновок, що ФГМ, пластини та оболонки зі складною геометричною формою при наявності вирізів, отворів, пористості, пружної основи, а головне при нелінійному деформуванні об'єктів, вивчені недостатньо.

Таким чином, розробка ефективних чисельно-аналітичних методів дослідження статичної та динамічної поведінки елементів конструкцій на основі математичних моделей, які враховують особливості процесів лінійного та нелінійного деформування, наявності пористості, пружної основи, розподілення об'ємних часток складових ФГМ, геометрії та виду умов закріплення, а також застосування цих методів до розв'язання важливих прикладних задач є актуальною проблемою.

**4. Відповідність профілю ради.** Робота виконувалась на кафедрі вищої математики Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». За напрямком наукових розробок та їх практичним втіленням дисертаційна робота відповідає профілю спеціалізованої вченої ради Д 64.180.01 та паспорту спеціальності 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи, а саме за напрямками:

п. 2. «Розвиток та ефективне використання методів обчислювальної математики стосовно до вирішення проблем дослідження, проектування, виготовлення та експлуатації об'єктів нової техніки та нових технологій. В тому числі модифікація та спеціалізація існуючих обчислювальних методів з метою підвищення їх ефективності, створення і дослідження нових обчислювальних методів і алгоритмів, що враховують особливості реальних технічних та технологічних задач, забезпечують створення ефективних програмних засобів комп'ютерної реалізації»;

п. 4. «Розробка нових методів організації та оптимізації процесів моделювання, тобто процесів підготовки та використання моделюючих систем, як носіїв моделей, що досліджуються. Зокрема: підготовка первинної інформації, визначення складу та структури, настроювання та верифікація, перевірка та забезпечення якості комп'ютерних моделей чи інших моделюючих засобів,

дослідження моделей в різних режимах їх функціонування, інтерпретація результатів моделювання».

**5. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами.** Робота виконана на кафедрі вищої математики НТУ «ХП». Здобувачка, як виконавець ряду розділів, брала участь в виконанні науково-дослідних робіт, які виконувались на кафедрі прикладної математики НТУ «ХП»: "Розробка чисельно-аналітичних методів дослідження лінійних та нелінійних задач механіки для композитних пластин і пологих оболонок" (за наказом Міністерства освіти та науки України № 960 від 22.12.2004, ДР №0105U000573, 2005-2007 рр.); «Створення на базі теорії R-функцій методів розв'язку задач нелінійної динаміки пластин та пологих оболонок» (за наказом Міністерства освіти та науки, молоді та спорту України № 1044 від 27.11.2007, ДР № 0108U001443, 2008-2011 рр.); «Розробка методів дослідження нелінійних задач динаміки багатошарових пластин та пологих оболонок» згідно з координаційним планом Міністерства освіти та науки, молоді та спорту України №1177 від 30.11.2010, ДР № 0111U002260, 2011-2013 рр.); проект Програми NATO Science for Peace and Security (SPS) Programme Composite Metamaterials for Aerospace Structures – CoMetA G6176, 2023-2025 рр.

**6. Наукова новизна результатів, отриманих особисто здобувачкою:**

В дисертаційній роботі вперше:

- розроблено новий підхід для підвищення ефективності існуючих обчислювальних методів дослідження лінійних коливань елементів тонкостінних конструкцій, які виготовлені із сучасних функціонально-градієнтних матеріалів. Новизна методу полягає в тому, що для даного класу задач теорію R-функцій у сполученні з варіаційними методами було застосовано вперше. Це дозволило будувати розв'язки задач в аналітичному вигляді для ФГМ пологих оболонок та пластин і сендвіч структур складної геометрії плану з урахуванням пористості, змінної товщини, пружної основи, рівномірного та нерівномірного стискаючого навантаження;

- розроблено метод розв'язання задач про геометрично нелінійні коливання ФГМ пластин та пологих оболонок. Суть цього методу полягає в представленні розв'язку нелінійної задачі у вигляді суми двох доданків, один із яких будується на базі власних функцій, одержаних в результаті розв'язання лінійної задачі про коливання ФГМ оболонки, а другий містить розв'язки допоміжної задачі, яка моделюється неоднорідною системою диференціальних рівнянь з частинними похідними;

- для реалізації запропонованого методу розв'язання геометрично

нелінійних задач були побудовані математичні моделі задачі про геометрично нелінійні коливання у переміщеннях. Виконані варіаційні постановки допоміжних задач та побудовані відповідні функціонали;

- запропоновано метод зведення нелінійного диференціального рівняння руху з частинними похідними для ФГМ оболонок до нелінійного звичайного диференціального рівняння. В роботі одержано в явному вигляді аналітичні вирази для обчислення коефіцієнтів отриманого звичайного нелінійного рівняння, які уявляють собою подвійні інтеграли от відомих функцій;

- побудовано алгоритм знаходження відношення частоти нелінійних коливань до лінійних, який базується на використанні методу Рунге-Кутта;

- розроблено підхід до розв'язання задач про коливання та стійкість ФГМ оболонок та пластин під дією стискаючих як рівномірних, так і нерівномірних навантажень. Згідно запропонованого алгоритму вихідна задача розв'язується як ланцюг наступних задач: спочатку розв'язується задача теорії пружності для визначення неоднорідного докритичного стану; на другому кроці визначається критичне навантаження; на третьому кроці розв'язується задача коливань ФГМ оболонки під дією стискаючого навантаження, величина якого не перебільшує критичне навантаження.

Отримано:

Аналітичні вирази для елементів матриць, що використовуються для обчислення ефективних властивостей ФГМ в рамках трьох теорій оболонок (класичної, уточненої теорії першого порядку та уточненої теорії третього порядку). При цьому такі формули представлені для одношарових, сендвіч оболонок та для пористих оболонок і пластин.

Дістали подальшого розвитку:

- Методи теорії R-функцій для побудови структурних формул для ФГМ оболонок та пластин, на базі яких будуються системи координатних функцій, що задовольняють крайовим умовам, в тому числі мішаним. Побудовані системи координатних функцій випробувано на великій кількості тестових задач та використано для розв'язання нових задач в областях складної геометричної форми.

Розроблено:

Програмне забезпечення в рамках системи POLE-RL у вигляді програм на вхідній мові системи. Відповідні програми реалізують алгоритми розв'язання задач у рамках як класичної теорії, так і у рамках уточнених теорій оболонок першого та третього порядків. Програми побудовані для задач коливань одношарових та сендвіч оболонок з урахуванням законів обчислення ефективних

властивостей ФГМ, пружної основи, типу пористості, нерівномірного стискаючого навантаження а також оболонок змінної товщини. Програмне забезпечення протестовано на кожному класі задач та використано для розв'язання серії нових задач, в тому числі нелінійних. Програми представлено у вигляді додатків дисертаційної роботи.

### **7. Практична цінність роботи.**

Розроблений ефективний метод, а також програмне забезпечення для системи POLE-RL, яке здійснює його чисельну реалізацію, дозволили виконати багатоваріантні чисельні експерименти та дослідити лінійні та геометрично нелінійні коливання, стійкість та згин одношарових та сендвіч ФГМ пологих оболонок/пластин складної геометричної форми.

Результати, які одержані в дисертації, можуть використовуватися під час проектування елементів аерокосмічних та машинобудівних конструкцій, які виготовлені з функціонально-градієнтних матеріалів.

Велика кількість одержаних в роботі результатів, представлених у вигляді графіків та таблиць, може бути використана науковцями та інженерами, які використовують інші методи та пакети, в тому числі MCE та відомі пакети ANSYS, ABACUS, NASTRAN з метою порівняння та перевірки вірогідності. Особливо це стосується оболонок та пластин з отворами та вирізами, які жорстко або шарнірно закріплені.

Деякі наукові результати роботи використано в навчальному процесі у Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут», кафедра прикладної математики (Додаток Б). Також наукові результати роботи застосовано при виконанні науково-дослідних робіт за проектом Програми НАТО «Наука заради миру та безпеки» (Додаток В).

**8. Оформлення дисертаційної роботи відповідає діючим вимогам,** затвердженим Наказом МОН України від 12.01.2017 р. № 40. Робота виконана в науковому стилі, її зміст викладено в логічній послідовності розв'язування завдань дослідження. Дисертаційна робота складається зі вступу, дев'яти розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Загальний обсяг становить 415 сторінок машинного тексту. Дисертаційна робота містить 130 рисунків, 74 таблиці. Список використаних джерел містить 374 найменувань на 44 сторінках. Обсяг основного тексту дисертаційної роботи – 330 сторінок.

**9. Перелік наукових праць за темою дисертаційної роботи із зазначенням особистого внеску здобувача.**

Всі наукові результати дисертаційної роботи опубліковані, апробація результатів є достатньою, отже вимоги пунктів 8 Постанови КМУ від 17.01.2021 р. №1197 виконані.

У відкритому друці за темою дисертаційної роботи опубліковано 74 наукові праці, з них:

- 51 стаття, з яких 30 статей включено до наукометричної бази Scopus та/або Web of Science Core Collection, з яких 29 статей опубліковано в різних журналах (у тому числі 16 статей – в журналах, віднесених до першого Q1 та другого Q2 кuartилів, 2 статті – в журналах третього Q3 і четвертого Q4 кuartилів); 6 статей – в збірниках наукових праць, що входить до переліку фахових видань Міністерства освіти і науки України; 15 статей – в наукових періодичних виданнях, продовжуваних виданнях та виданнях матеріалів конференцій (з яких 8 статей опубліковано в різних зарубіжних видавництвах);

- 22 публікації – тези доповідей на конференціях (з яких 5 робіт видано в зарубіжних видавництвах);

- 1 монографія у співавторстві.

Публікації, що відтворюють наукові результати дисертаційної роботи:

Статті в наукових фахових виданнях, що включені до міжнародних наукометричних баз Scopus та/або Web of Science Core Collection:

1. Mikhlin Y.V., Shmatko T.V., Manucharyan G.V. Lyapunov definition and stability of regular or chaotic vibration modes in systems with several equilibrium positions. *Computers and Structures*. 2004. Vol. 82. Is. 31-32. P. 2733-2742. DOI: 10.1016/j.compstruc.2004.03.082 (кuartиль Q1).

Здобувачкою розроблено алгоритм та виконана його комп'ютерна реалізація для отримання областей стійкості та нестійкості, фазових портретів систем з декількома положеннями рівноваги.

2. Kurpa L.V., Shmatko T.V., Onufrienko O.G. Research of nonlinear vibrations of orthotropic plates with complex form. *Mathematical Problems in Engineering*. 2006. Vol. 2006. P. 125–138 doi:10.1155/MPE/2006/26081 (кuartиль Q1).

Здобувачкою побудовані математичні моделі для задач про нелінійні коливання ортотропних пластин складної форми.

3. Kurpa L.V., Shmatko T.V., Timchenko G.N. Free vibration analysis of laminated shallow shells with complex shape using the R-functions method. *Composite Structures*. 2010. Vol.93. P. 225-233 (кuartиль Q1).

Здобувачкою чисельно реалізовано алгоритм для дослідження нелінійних коливань ламінованих пологих оболонок та виконано його тестування.

4. Awrejcewicz J., Kurpa L., Shmatko T. Large amplitude free vibration of orthotropic shallow shells of complex shapes with variable thickness. *Latin American Journal of Solid and Structures*. 2013. Vol. 10. P. 147-160 (кuartиль Q2).

Здобувачкою побудовані математичні моделі для дослідження нелінійних коливань ортотропних пологих оболонок змінної товщини, розроблені програми та виконано тестування.

5. Kurpa L.V., Shmatko T.V. Nonlinear vibrations of laminated shells with layers of variable thickness. *Shell Structures: Theory and Applications*. 2014. Taylor & Francis Group, London, UK. Vol.3. P.305-308.

Здобувачці належать числові результати, які отримано для власних коливань ламінованих пологих оболонок з шарами змінної товщини.

6. Awrejcewicz J., Kurpa L., Shmatko T. Investigating geometrically nonlinear vibrations of laminated shallow shells with layers of variable thickness via the R-functions theory. *Composite Structures*. 2015. Vol. 125. P.575–585 (квартиль Q1).

Здобувачкою розроблено підхід для дослідження геометрично нелінійних коливань ламінованих пологих оболонок з шарами змінної товщини.

7. Shmatko T., Kurpa L., Bhaskar A. Geometrical analysis of vibrations of functionally graded shell panels using the R-functions theory. *Proceeding of 24-th International Congress on Sound and Vibration, ICSV*. 2017. London, UK. ISBN: 978-1-5108-4585-5. P. 6298-6305.

Здобувачкою побудовані математичні моделі для задач про нелінійні коливання функціонально-градієнтних пологих оболонок із застосуванням теорії R-функцій.

8. Shmatko T.V., Bhaskar A. Using the R-functions theory for investigation of nonlinear vibrations of FGM shallow shells. *Shell Structures: Theory and Applications*. 2017. Taylor & Francis Group, London, UK. Vol. 4. P. 333-336 <https://doi.org/10.1201/9781315166605>.

Здобувачкою побудовані та чисельно реалізовані алгоритми для розв'язання задач про нелінійні коливання функціонально-градієнтних пологих оболонок.

9. Awrejcewicz J., Kurpa L., Shmatko T. Analysis of geometrically nonlinear vibrations of functionally graded shallow shells of a complex shape. *Latin American Journal of Solids and Structures*. 2017. P. 1648-1668. DOI: 10.1590/1679-78253817 (квартиль Q2).

Здобувачкою отримані чисельні результати та виконано їх аналіз. Розроблено алгоритм обчислення нелінійних частот.

10. Shmatko T., Bhaskar A. R-functions theory applied to investigation of nonlinear free vibrations of functionally graded shallow shells. *Nonlinear Dynamics*. 2018. Vol. 93. P. 189–204. DOI:[10.1007/s11071-017-3922-2](https://doi.org/10.1007/s11071-017-3922-2) (квартиль Q1).

Здобувачкою побудовані варіаційні постановки задач про нелінійні коливання функціонально-градієнтних пологих оболонок та отримані чисельні результати.

11. Kurpa L., Timchenko G., Osetrov A., Shmatko T. Nonlinear vibration analysis of laminated shallow shells with clamped cutouts by the R-functions method. *Nonlinear Dynamics*. 2018. Vol. 93, P. 133–147. <https://doi.org/10.1007/s11071-017-3930-2> (квартиль Q1).

Здобувачкою побудовані структури розв'язків задач про нелінійні коливання ламінованих пологих оболонок із застосуванням теорії R-функцій.

12. Awrejcewicz J., Kurpa L., Shmatko T. Linear and nonlinear free vibration analysis of laminated functionally graded shallow shells with complex plan form and different boundary conditions. *International Journal of Non-Linear Mechanics*. 2018. Vol. 107. P. 161-169. DOI: 10.1016/j.ijnonlinmec.2018.08.013 (квартиль Q1).

Здобувачкою побудовані структури розв'язків задач, розроблені програми та досліджено вплив градієнтного індексу на частоти лінійних та нелінійних коливань ФГМ пологих оболонок.

13. Mikhlin Y.V., Plaksiy K.Y., Shmatko T.V., Rudneva G.V. Normal modes of chaotic vibrations and transient normal modes in nonlinear systems. *Problems of Nonlinear Mechanics and Physics of Materials. Advanced Structured Materials* / eds. Andrianov I., Manevich A., Mikhlin Y., Gendelman O. Springer, Cham, 2019. Vol. 94. P.85-100. DOI: 10.1007/978-3-319-92234-8\_6.

Здобувачкою розроблено програми та виконані числові розрахунки для отримання областей стійкості та нестійкості, застосовуючи метод нормальних мод.

14. Shmatko T., Kurpa L., Awrejcewicz J. Vibration analysis of laminated functionally graded shallow shells with clamped cutout of the complex form by the Ritz method and the R-functions theory. *Latin American Journal of Solids and Structures*. 2019. Vol. 16, №1. DOI: 10.1590/1679-78254911 (квартиль Q2).

Здобувачкою побудовані структури розв'язків, розроблені програми в рамках системи POLE-RL та виконано обчислювальний експеримент для ФГМ пологих оболонок із закріпленими отворами.

15. Kurpa L.V., Shmatko T.V. Investigation of free vibrations and stability of functionally graded three-layer plates by using the R-functions theory and variational methods. *Journal of Mathematical Sciences*. 2020. Vol. 249, № 3. P. 496–520. <https://doi.org/10.1007/s10958-020-04955-2> (квартиль Q4).

Здобувачкою запропоновано підхід для дослідження стійкості ФГМ сендвіч пластин з урахуванням неоднорідного стану.

16. Kurpa L.V., Shmatko T.V. Buckling and free vibration analysis of functionally graded sandwich plates and shallow shells by the Ritz method and the R-functions theory. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*. 2021. Vol. 235. Is. 20. P. 4582-4593. <https://doi.org/10.1177/0954406220936304> (квартиль Q2).

Здобувачкою запропоновано підхід для дослідження стійкості ФГМ сендвіч оболонок і пластин з урахуванням неоднорідного стану та використанням варіаційних методів та теорії R-функцій.

17. Kurpa L., Shmatko T., Awrejcewicz J. Parametric vibrations of functionally graded sandwich plates with complex forms. *New Trends in Nonlinear Dynamics* / eds. Lacarbonara W., Balachandran B., Ma J., Tenreiro Machado J., Stepan G. Springer, Cham, 2020. Vol. 3. 66-77. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-34724-6\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-030-34724-6_8).

Здобувачкою запропоновано та реалізовано алгоритм знаходження зон стійкості/нестійкості, виконано обчислювальний експеримент.

18. Awrejcewicz J., Kurpa L., Shmatko T. Application of the R-functions in free vibration analysis of FGM plates and shallow shells with temperature dependent properties. *ZAMM - Journal of Applied Mathematics and Mechanics*. 2020. Vol. 101. Is. 3. DOI: 10.1002/zamm.202000080 (квартиль Q2).

Здобувачкою запропоновано та реалізовано алгоритм метод розв'язання задач про вільні коливання при умові нерівномірного розповсюдження температури вздовж товщини.

19. Kurpa L., Shmatko T., Timchenko G. Nonlinear vibration of the three-layered FGM plates with variable thickness of layers and different boundary conditions. *Nonlinear Mechanics of Complex Structures, Advanced Structured Materials*. 2021. Vol. 157. P. 57-74. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-75890-5\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-030-75890-5_4).

Здобувачкою розроблено математичні моделі, отримано аналітичні вирази для обчислення елементів матриць у разі змінної товщини шарів сендвіч пологих оболонок.

20. Zippo A., Iarriccio G., Pellicano F., Shmatko T. Vibrations of plates with complex shape: experimental modal analysis, finite element method, and R-functions method. *Shock and Vibration*. 2020. Vol. 2020. P. 1-23. <https://doi.org/10.1155/2020/8882867> (квартиль Q2).

Здобувачкою отримано числові результати за допомогою створеного програмного забезпечення, що використовує теорію R-функцій та варіаційний метод Рітца.

21. Kurpa L., Shmatko T. Chapter 11 - Parametric vibrations of axially compressed functionally graded sandwich plates with a complex plan form. *Mechanics and Physics of Structured Media* / eds. Igor Andrianov, Simon Gluzman, Vladimir Mityushev. Academic Press, 2022. P. 213-232. <https://doi.org/10.1016/B978-0-32-390543-5.00016-5>.

Здобувачкою проведено дослідження про вплив градієнтного індексу, геометрії пластини, типу матеріалу, умов закріплення на динамічну стійкість ФГМ сендвіч пластин.

22. Shmatko T., Kurpa L., Awrejcewicz J. Dynamic analysis of functionally graded sandwich shells resting on elastic foundations. *Acta Mechanica*. 2022. Vol. 233. P. 1895–1910. <https://doi.org/10.1007/s00707-022-03200-y> (квартиль Q2).

Здобувачкою виконано обчислювальний експеримент та проведено дослідження про вплив механічних і геометричних параметрів на частоти ФГМ пологих оболонок зі складною формою плану, які знаходяться на пружній основі.

23. Kurpa L., Shmatko T., Awrejcewicz J., Timchenko G., Morachkovska I. Analysis of free vibration of porous power-law and sigmoid functionally graded sandwich plates by the R-functions method. *Journal of Applied and Computational Mechanics*. 2023. Vol. 9. № 4. P. 1144-1155. doi: 10.22055/jacm.2023.43435.4082 (квартиль Q1)

Здобувачкою побудовані моделі ФГМ сендвіч пластин у разі використання сигмоподібного розподілення об'ємної частки кераміки та отримані аналітичні вирази для обчислення елементів матриць, які необхідні для обчислення зусиль та моментів.

24. Kurpa L., Shmatko T. Application of the R-functions method and shell theory of the higher-order to study free vibration of functionally graded shallow shells. *Advances in Mechanical and Power Engineering. CAMPE 2021. Lecture Notes in Mechanical Engineering* / eds. Altenbach, H., et al. Springer, Cham, 2023. P. 188–197. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-18487-1\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-031-18487-1_19).

Здобувачкою побудовані математичні моделі задачі про нелінійні коливання в рамках теорії Редді.

25. Zippo A., Shmatko T., Pellicano F., Kurpa L. Free vibration analysis of FGM plates and shallow shells by the R-functions method. *Proceedings of the International Conference on Condition Monitoring and Asset Management, 19th International Conference on Condition Monitoring and Asset Management, September 2023*. P. 1-5. <https://doi.org/10.1784/cm2023.4d7>.

Здобувачкою отримані чисельні результати за допомогою створеного програмного забезпечення з використанням теорії R-функцій та методу Рітца.

26. Kurpa L., Shmatko T., Linnik A. Buckling analysis of functionally graded sandwich plates resting on an elastic foundation and subjected to a nonuniform loading. *Mechanics of Composite Materials*. 2023. Vol. 59. P. 645–658. <https://doi.org/10.1007/s11029-023-10122-w> (квартиль Q1)

Здобувачкою побудовані математичні моделі нелінійних коливань та стійкості ФГМ сендвіч пластини в рамках теорії першого порядку із урахуванням пружної основи та нерівномірного стискаючого навантаження.

27. Shmatko T.V. Computer simulation of the stress-strain state of functionally graded sandwich plates and shallow shells of complex shape resting on the elastic foundation. *Journal of Mathematical Sciences (United States)*. 2023. Vol. 277. P. 95–108 (квартиль Q4)

28. Kurpa L, Pellicano F, Shmatko T, Zippo A. Free vibration analysis of porous functionally graded material plates with variable thickness on an elastic foundation using the R-functions method. *Mathematical and Computational Applications*. 2024. Vol. 29. № 1. <https://doi.org/10.3390/mca29010010>

Здобувачкою розроблені комп'ютерні програми, за допомогою яких досліджено вільні коливання пористих ФГМ пластин змінної товщини, що знаходяться на пружній основі.

29. Kurpa L., Shmatko T. Research of vibration behavior of porous FGM panels by the Ritz method. *Selected Problems of Solid Mechanics and Solving Methods. Advanced Structured Materials* / eds. Altenbach, H., Bogdanov, V., Grigorenko, A.Y., Kushnir, R.M., Nazarenko, V.M., Eremeyev, V.A. Springer, Cham, 2024. Vol. 204. P. 325–338. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-54063-9\\_22](https://doi.org/10.1007/978-3-031-54063-9_22)

Здобувачкою побудовані комп'ютерні програми, структури розв'язку та досліджено динамічну поведінку пористих ФГМ оболонок зі складною формою плану.

30. Shmatko T. Effect of porosity on free vibration of FG shallow shells with complex plan form. *Perspectives in Dynamical Systems II — Numerical and Analytical Approaches. DSTA 2021. Springer Proceedings in Mathematics & Statistics* / eds. Awrejcewicz J. Springer, Cham, 2024. Vol. 454. P. 593–605. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-56496-3\\_38](https://doi.org/10.1007/978-3-031-56496-3_38)

Статті в наукових фахових виданнях України категорії «Б»:

31. Курпа Л.В., Онуфриенко О.Г., Шматко Т.В. Вынужденные нелинейные колебания ортотропных пластин сложной формы. *Доклады НАН Украины*. 2005. № 3. С. 42–46.

*Здобувачкою побудовані структури розв'язків задач та функціонал для розв'язання задачі теорії пружності, розв'язок якої є складовою частиною алгоритму.*

32. Курпа Л.В., Осетров А.А., Шматко Т.В. Определение собственных частот функционально-градиентных пологих оболочек с помощью теории R-функций и сплайн-аппроксимации. *Вісник НТУ «ХПІ» Серія «Математичне моделювання в техніці та технологіях»*. Харків: НТУ «ХПІ». 2014. № 6. С. 99-110.

*Здобувачкою розроблені програми та виконано обчислювальний експеримент при апроксимації невизначених компонент структури розв'язку степеневими поліномами.*

33. Курпа Л.В., Шматко Т.В. Аналіз геометрично нелінійних коливань функціонально-градієнтних пологих оболонок за допомогою теорії R-функцій. *Вісник НТУ «ХПІ». Серія «Математичне моделювання в техніці та технологіях»*. Харків: НТУ «ХПІ». 2015. №6 (1115). С.56-66.

*Здобувачці належать числові результати, які отримані з використанням розроблених програмних засобів в системі POLE-RL.*

34. Курпа Л.В., Шматко Т.В. Исследование геометрически нелинейных колебаний функционально-градиентных пологих со сложной формой плана. *Вісник Запорізького національного університету: фізико-математичні науки*. Запоріжжя: Запорізький національний університет. 2015. С. 89-97.

*Здобувачкою розроблено підхід дослідження нелінійних коливань ФГМ пологих оболонок зі складною формою плану з використанням теорії R- функцій.*

35. Kurpa L.V., Shmatko T.V., Linnik A.B. Analysis of stability and vibrations of porous power and sigmoid functionally graded sandwich plates by the R-functions method. *Journal of Mechanical Engineering – Problemy Mashynobuduvannia*. 2023. Vol. 26. № 4.P. 38-49. DOI: <https://doi.org/10.15407/pmach2023.04.038>.

*Здобувачкою побудовані математичні моделі нелінійних коливань та стійкості в рамках теорії першого порядку з урахуванням пористості, що розподілена за різними законами.*

36. Курпа Л., Шматко Т., Ліннік Г.Б., Морачковська І.О., Тимченко Г.М. Динамічний аналіз функціонально-градієнтних пористих сигмовидних сендвіч пластин. *Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Серія: Динаміка і міцність машин /Bulletin of the National Technical University "KhPI". Ser.: Dynamics and Strength of Machines: збірник наукових праць*. Харків: НТУ "ХПІ", 2023. № 1. С. 39-44. <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/73892>.

*Здобувачкою отримані аналітичні формули для обчислення елементів матриць, які визначають ефективні властивості ФГМ за сигмоїдальним законом розподілу об'ємної частки кераміки.*

Статті в наукових періодичних виданнях, продовжуваних виданнях та виданнях матеріалів конференцій:

37. Kurpa L.V., Onufrienko O.G., Shmatko T.V. Researches of nonlinear vibrations of orthotropic plates with arbitrary form by the R-functions method. *Research and Education: Proceedings of the 2-nd International Conference, Miscole, March 17–19, 2004. Miscole, Egyetemvarioos, 2004. P.109–115.*

*Здобувачці належить розробка методу дослідження нелінійних коливань ортотропних пластин складної форми.*

38. Kurpa L., Onufrienko O., Shmatko T. Research of the nonlinear forced vibrations of orthotropic plates with complex form. *Нелинейная динамика: труды Международной конференции, Харьков, 14–16 сент. 2004. Харьков: НТУ «ХПИ», 2004. P.108–112.*

*Здобувачкою виконано тестування алгоритму, розробленого для дослідження нелінійних вимушених коливань ортотропних пластин, у системі POLE-RL.*

39. Shmatko T.V. Stability Investigation of Vibration Modes of Laminated Shallow Shells with Complex Plan Form. *Dynamical System. Theory and Applications: Proceedings of 10th Conference on Dynamical System. Theory and Applications, DSTA-2009, Lodz, Poland, December 07-10, 2009. Lodz, 2009. Vol.1. P. 467 – 472.*

40. Курпа Л.В., Шматко Т.В., Тимченко Г.Н. Исследование геометрически нелинейных колебаний пологих оболочек с отверстиями. *Збірник наукових праць «Методи розв'язування прикладних задач механіки деформівного твердого тіла».* Дніпропетровськ: ІМА-прес, 2009. Вип. 10. С. 179-185.

*Здобувачкою проведено чисельний аналіз при дослідженні нелінійних коливань пологих оболонок з отворами.*

41. Awrejcewicz J., Kurpa L., Shmatko T. Nonlinear vibration of orthotropic shallow shells of the complex shape with variable thickness. *Dynamical Systems. Theory and Applications: Abstracts of the 11th Conference on Dynamical Systems. Theory and Applications, DSTA-2011, Łódź, Poland, December 5-8, 2011. Wydawnictwo politechniki Lodzkiej. Łódź, 2011. Book 1. P. 243-248.*

*Здобувачці належить розробка програми та виконання обчислювального експерименту.*

42. Kurpa L., Shmatko T. Investigation of geometrically nonlinear vibrations of laminated shallow shells with layers of variable thickness by meshless approach.

*Nonlinear Dynamics ND-KhPI 2013: Proceedings of the 4th International Conference on Nonlinear Dynamics ND-KhPI 2013, Sevastopol, Ukraine, June 19-22, 2013. Sevastopol, 2013. P. 277-283.*

*Здобувачкою запропонована комп'ютерна модель для дослідження нелінійних коливань багатошарових оболонок змінної товщини.*

43. Курпа Л.В., Шматко Т.В. Свободные колебания функционально-градиентных пологих оболочек со сложной формой плана. *Теоретическая и прикладная механика*. 2014. Донецк. № 8 (54). С.77-86.

*Здобувачкою побудовані структури розв'язків з використанням теорії R-функцій та апробовано їх для розв'язання поставлених задач.*

44. Курпа Л., Шматко Т. Применение метода R-функций к исследованию нелинейных колебаний функционально-градиентных пологих оболочек. *Теоретическая и прикладная механика*. 2014. Вып.55. № 9. С.59-70.

*Здобувачці належить розробка підходу для дослідження нелінійних коливань ФГМ пологих оболонок з використанням теорії R-функцій.*

45. Awrejcewicz J., Kurpa L., Shmatko T. Vibration of functionally graded shallow shells with complex shape. *Dynamical Systems: Theory and Applications: Book of abstracts of the 13-th International Conference on Dynamical Systems: Theory and Applications, DSTA-2015, Lodz, Poland, December 7-10, 2015. Lodz, 2015. P. 57-68.*

*Здобувачці належить розробка підходу для дослідження власних коливань ФГМ пологих оболонок складної геометрії з використанням теорії R-функцій.*

46. Shmatko T., Bhaskar A. Geometrically nonlinear vibrations of functionally graded shallow shells. *Nonlinear Dynamics ND-KhPI2016: Proceedings of the 5th International Conference on Nonlinear Dynamics ND-KhPI2016, Kharkov, Ukraine, September 27-30, 2016. Kharkiv, 2016. P. 485-492.*

*Здобувачкою створено алгоритм для побудови скелетних кривих при дослідженні нелінійних коливань ФГМ пологих оболонок.*

47. Kurpa L., Shmatko T., Awrejcewicz J. Free vibration analysis of laminated functionally graded shallow shells by the R-functions method. *Dynamical Systems: Theory and Applications: Book of abstracts of the 14-th International Conference on Dynamical Systems: Theory and Applications, DSTA 2017, Łódź, Poland, December 11-14, 2017. Mathematical and Numerical Aspects of Dynamical System Analysis. Lodz, 2017. V.2. P. 311-322.*

*Здобувачкою отримані аналітичні вирази для обчислення елементів матриць, які визначають ефективні властивості ФГМ.*

48. Kurpa L., Shmatko T. Application of the R-functions method for

vibration and buckling analysis of functionally graded plates and shallow shells with complex planform. Literature review from 2014 to 2020. *Dynamics of hybrid systems of complex structures* / ed. Katica R. (Stevanović) Hedrih. Belgrad, 2022. P. 237-261.

*Здобувачкою виконано узагальнений огляд робіт, у яких було використано метод RFM для дослідження ФГМ пластин та оболонок, за період з 2014 до 2020 років.*

49. Kurpa L., Shmatko T., Awrejcewicz J. Nonlinear Vibration of Functionally Graded Shallow Shells Resting on Elastic Foundations. *Advances in Nonlinear Dynamics. NODYCON Conference Proceedings Series* / eds. Lacarbonara, W., Balachandran, B., Leamy, M.J., Ma, J., Tenreiro Machado, J.A., Stepan, G. Springer, Cham, 2022. P. 385-394. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-81162-4\\_34](https://doi.org/10.1007/978-3-030-81162-4_34)

*Здобувачкою побудовані варіаційні моделі задач про нелінійні коливання ФГМ пологих оболонок на пружній основі.*

50. Kurpa L., Shmatko T., Awrejcewicz J., Timchenko G. Nonlinear free vibration of functionally graded shallow shells with variable thickness resting on elastic foundation. *Advances in Nonlinear Dynamics, Volume I. ICNDA 2023. NODYCON Conference Proceedings Series* / eds. Lacarbonara W. Springer, Cham, 2024. P. 191-201. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-50631-4\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-031-50631-4_17)

*Здобувачкою створено програмні засоби, за допомогою яких виконано дослідження нелінійних коливань ФГМ оболонок змінної товщини, що знаходяться на пружній основі.*

51. Shmatko T., Kurpa L., Lacarbonara W. Nonlinear free vibrations of functionally graded porous sandwich plates with complex shape. *Advances in Nonlinear Dynamics, Volume I. ICNDA 2023. NODYCON Conference Proceedings Series* / eds. Lacarbonara W. Springer, Cham, 2024. P. 203-215. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-50631-4\\_18](https://doi.org/10.1007/978-3-031-50631-4_18)

*Здобувачкою побудовані математичні моделі задач про нелінійні вільні коливання пористих ФГМ сендвіч пластин складної форми з різними умовами закріплення та алгоритми їх розв'язання.*

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

52. Kurpa L., Onufrienko O., Shmatko T. Research of the nonlinear forced vibrations of orthotropic plates with complex form. *Nonlinear Dynamics: Book of abstracts of conference on Nonlinear Dynamics*, Kharkiv, Ukraine, September 14-16, 2004. Kharkiv, 2004. P.50–51.

*Здобувачці належить розробка алгоритму дослідження нелінійних вимушених коливань ортотропних пластин складної форми.*

53. Курпа Л.В., Онуфрієнко О.Г., Шматко Т.В. Дослідження нелінійних коливань ортотропних пластин складної планформи за допомогою R-функцій. *Міжнародний симпозіум українських інженерів-механіків у Львові: Тези доповідей 7-го Міжнародного симпозіума*, Львів, Україна, 18-20 травня 2005р. Львів, 2005. С. 23.

*Здобувачкою проведено аналіз впливу різних граничних умов при дослідженні нелінійних коливань ортотропних пластин.*

54. Курпа Л.В., Тимченко Г.Н., Шматко Т.В. Исследование динамического поведения ортотропных пластин и пологих оболочек, опирающихся на план сложной. *Актуальні проблеми механіки суцільного середовища і міцності конструкцій: Тези доповідей Міжнародної науково-технічної конференції пам'яті академіка НАН України В.І. Моссаковського*, Дніпропетровськ. Дніпропетровськ: ДНУ, 2007. С. 264.

*Здобувачці належить постановка задачі та метод її розв'язання.*

55. Шматко Т.В. Исследование устойчивости форм колебаний многослойных пологих оболочек. *Dynamical System Modeling and Stability Investigation, DSMI-2009: Abstracts of the conference Dynamical System Modeling and Stability Investigation*, Kyiv, Ukraine, May 27-29, 2009. Kyiv, 2009. С. 264.

56. Шматко Т.В. Применение теории R-функций к исследованию геометрически нелинейных колебаний пологих оболочек переменной толщины. *Dynamical System Modeling and Stability Investigation, DSMI-2011: Abstracts of conference reports of the XV International Conference Dynamical System Modelling and Stability Investigation*, Kyiv, Ukraine, May 25-27, 2011. Kyiv, 2011. С. 141.

57. Курпа Л.В., Тимченко Г.Н., Шматко Т.В. Метод R-функций для исследования нелинейных колебаний ортотропных оболочек переменной толщины. *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: Тези доповідей XIX міжнародної науково-практичної конференції*, Харків, Україна, 01-03 червня 2011р. / за ред. проф. ТОВАЖНЯНСЬКОГО Л.Л. Харків: НТУ "ХПІ", 2011. Ч.1. С. 53.

*Здобувачкою запропоновано алгоритм для дослідження ортотропних пологих оболонок змінної товщини.*

58. Шматко Т.В., Шматко А.В. Геометрически нелинейные колебания многослойных пластин с переменной толщиной слоев. *Dynamical System Modeling and Stability Investigation, DSMI-2013: Abstracts of conference reports of the XVI International Conference Dynamical System Modelling and Stability Investigation*, Kyiv, Ukraine, May 29-31, 2013. Kyiv, 2013. С. 148.

*Здобувачкою виконано аналіз нелінійних коливань багатошарових пластин зі змінною товщиною шарів.*

59. Шматко Т., Шматко О. Нелінійні коливання ортотропних пологих оболонок змінної товщини. *Сучасні проблеми механіки та математики: Збірник наукових праць Міжнародної наукової конференції*, Львів, Україна, 21-25 травня 2013р. / під ред. Р.М.Кушніра, Б.Й.Пташника. Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С.Підстригача НАН України. Львів, 2013. Т.2. С. 185-186.

*Здобувачкою побудована комп'ютерна модель для дослідження нелінійних коливань ортотропних пологих оболонок змінної товщини.*

60. Курпа Л.В., Шматко Т.В. Нелінійні коливання функціонально-градієнтних пологих оболонок зі складною формою плану. *Математичні проблеми механіки неоднорідних структур: Збірник праць IX Міжнародної наукової конференції*, Львів, Україна, 15-19 вересня 2014. Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України. Львів, 2014. С.363-365.

*Здобувачці належить розробка підходу для дослідження нелінійних коливань ФГМ пологих оболонок з використанням теорії R-функцій.*

61. Awrejcewicz J., Kurpa L., Shmatko T. Nonlinear vibrations of functionally graded shallow shells of a complex planform in thermal environments. *European Nonlinear Dynamics Conference ENOC 2017: Proceeding of the 9-th European Nonlinear Dynamics Conference ENOC 2017*, Budapest, Hungary, June 25-30, 2017. Budapest, 2017. P. 70-72.

*Здобувачкою побудована комп'ютерна модель для задачі про нелінійні коливання функціонально-градієнтних оболонок складної форми у температурному середовищі.*

62. Курпа Л., Шматко Т. Застосування теорії R-функцій для дослідження нелінійних коливань функціонально-градієнтних пологих оболонок з урахуванням температурного середовища. *Сучасні проблеми механіки та математики: Тези доповідей міжнародної конференції*, Львів, Україна, 22-25 травня 2018р. Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України, Львів, 2018. Т. 1. С. 177-178.

*Здобувачкою виконано дослідження нелінійних коливань функціонально-градієнтних пологих оболонок з урахуванням температурного середовища за допомогою створеної комп'ютерної моделі.*

63. Курпа Л.В., Шматко Т.В. Применение теории R-функций к исследованию свободных колебаний функционально-градиентных пологих

оболочек в температурной среде. *Динаміка, міцність та моделювання у машинобудуванні: Тези доповідей I-й Міжнародної конференції, Харків, Україна, 10-14 вересня 2018р.* Харків: Інститут проблем машинобудування ім. А.М.Підгорного НАН України, 2018. С.134-135.

*Здобувачкою запропоновано комп'ютерну модель для дослідження вільних коливань ФГМ пологих оболонок у температурному середовищі.*

64. Шматко Т. Дослідження вільних коливань функціонально-градієнтних пологих оболонок методом R-функцій. *Актуальні проблеми механіки суцільного середовища і міцності конструкцій: Тези доповідей II-ї міжнародної науково-технічної конференції пам'яті академіка НАН України В.І. Моссаковського, Дніпро, Україна, 10-12 жовтня 2019.* Дніпро, 2019. С. 235.

65. Awrejcewicz J., Kurpa L., Shmatko T. Free vibration analysis of FGM shell with complex planform in thermal environments. *Dynamical Systems: Theory and Applications: Book of abstracts of 15th Conference on Dynamical Systems: Theory and Applications DSTA 2019, Lodz, Poland, December 2-5, 2019.* Lodz, 2019, P. 207.

*Здобувачкою виконано обчислювальний експеримент для ФГМ оболонок у температурному середовищі.*

66. Курпа Л., Шматко Т. Вільні коливання багатошарових циліндричних панелей з функціонально-градієнтними шарами. *Математичні проблеми механіки неоднорідних структур: Збірник наукових праць 10-ї Міжнародної наукової конференції, Львів, Україна, 17-19 вересня 2019р.* Львів, 2019. С. 61.

*Здобувачці належить створення відповідних алгоритмів у програмному середовищі системи POLE-RL, які дозволяють враховувати ФГМ шаруваті конструкції.*

67. Kurpa L.V., Shmatko T.V. Research of stability and nonlinear vibrations of sandwich plates with functionally graded core by Ritz's method and the R-functions theory. *Symposium "Nonlinear dynamics –scientific work of Prof. Dr Katica (Stevanović) Hedrih": Booklet of abstracts Symposium "Nonlinear dynamics – scientific work of Prof. Dr Katica (Stevanović) Hedrih", Belgrade, Serbia, September 04-06, 2019.* Belgrade, 2019. P. 19-20.

*Здобувачкою отримані амплітудно-частотні характеристики для ФГМ сендвіч пластин.*

68. Kurpa L., Shmatko T., Awrejcewicz J. Parametric vibrations of the functionally graded sandwich plates with complex form. *Nonlinear Dynamics NODYCON 2019: Book of abstract of the First International Nonlinear Dynamics*

Conference NODYCON 2019, Rome, Italy, February 17-20, 2019. Rome, 2019. P.409-410.

*Здобувачкою проведено аналіз отриманих результатів для задачі про нелінійні коливання ФГМ сендвіч пластин.*

69. Шматко Т.В. Исследование свободных колебаний функционально-градиентных пологих оболочек на упругом основании. *Dynamics, Strength and Modelling in Mechanical Engineering: Theses of the Second International Science and Technology Conference*, Kharkiv, Ukraine, October 05–08, 2020. ІПМаш НАН України, Харків, 2020. С. 310-313.

70. Shmatko T. Effect of porosity on free vibration of FG shallow shells with complex plan form. *Dynamical Systems: Theory and Applications: Book of abstracts of 16th Conference on Dynamical Systems: Theory and Applications DSTA 2021*, Lodz, Poland, December 6-9, 2021. Lodz, 2021. P. 629-630.

71. Курпа Л., Шматко Т., Лінник Г. Аналіз стійкості та коливань пористих функціонально-градієнтних пластин з використанням теорії R-функцій. *Сучасні проблеми механіки та математики: Збірник наукових праць Міжнародної наукової конференції*, Львів, Україна, 23-25 травня 2023р. Львів, 2023. С.194.

*Здобувачкою проведено обчислювальний експеримент для ФГМ пластин з урахуванням пористості.*

72. Курпа Л.В., Шматко Т.В. Згин та коливання функціонально-градієнтних пористих сендвіч пологих оболонок з отворами та вирізами. *Actual problems of mechanics – 2023: Proceedings of International scientific conference dedicated to the 145-th anniversary of the birth of S.P.Timoshenko*, Kyiv, Dnipro, Lviv, Kharkiv, Ukraine, November 14-16, 2023. Kharkiv, 2023. С. 420-421.

*Здобувачкою запропоновано комп'ютерна модель для дослідження згину та коливань ФГМ пористих сендвіч пологих оболонок складної геометрії.*

73. Курпа Л, Шматко Т., Лінник Г., Морачковська І. Вільні коливання сендвіч пластин з ауксетичним сотовим заповнювачем. *Математичні проблеми механіки неоднорідних структур: Збірник наукових праць 11-ї Міжнародної наукової конференції*, Львів, Україна, 24-26 вересня 2024р. Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України, 2024. Вип. 6. С. 101-102.

*Здобувачкою розроблені програмні засоби, які враховують ауксетичні властивості сендвіч конструкцій, при дослідженні їх на вільні коливання.*

Монографії

74. Курпа Л.В., Мазур О.С., Шматко Т.В. Застосування теорії R-функцій до розв'язання нелінійних задач динаміки багатошарових пластин: монографія. Харків: ООО «В деле», 2016. 492 с.

*Здобувачці належить розробка методу дослідження нелінійних коливань багатошарових пластин складної форми та відповідні чисельні результати.*

Наведені публікації містять результати безпосередньої роботи дисертанта на окремих етапах дослідження, повною мірою відображають основні положення та висновки роботи. Авторська участь здобувача в опублікованих наукових працях погоджена зі співавторами.

**10. Апробація результатів досліджень.** Загальні положення та результати дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на 43 українських та міжнародних наукових конференціях, семінарах і конгресах: International Conferences on Nonlinear Dynamics “Нелінійна динаміка” ND-KhPI 2004 (September 14-16, 2004, Kharkiv, Ukraine), ND-KhPI 2007 (September 25-28, 2007, Kharkiv, Ukraine), ND-KhPI 2010 (September 21-24, 2010, Kharkiv, Ukraine), ND-KhPI 2013 (June 19-22, 2013, Sevastopol, Ukraine), ND-KhPI 2016 (September 27-30, 2016, Kharkov, Ukraine); 7-му Міжнародному симпозиумі українських інженерів-механіків у Львові (18-20 травня 2005, Львів, Україна; I та II Міжнародних науково-технічних конференціях пам’яті академіка НАН України В.І. Моссаковського «Актуальні проблеми механіки суцільного середовища і міцності конструкцій» (Дніпропетровськ, 2007), (10-12 жовтня 2019, Дніпро, Україна); 9th, 10th, 11th EUROMECH Nonlinear Dynamics Conference ENOC 2017 (June 25-30, 2017, Budapest, Hungary), ENOC 2020 (July 17-22, 2022, Lyon, France), ENOC 2024 (July 22-26, 2024, Delft, the Netherlands); International conference Dynamical System Modeling and Stability Investigation DSMSI 2008 (September 14-16, 2008, Alushta, Ukraine), DSMSI 2009 (May 27-29, 2009, Kyiv, Ukraine), DSMSI 2011 (May 25-27, 2011, Kyiv, Ukraine), DSMSI 2013 (May 29-31, 2013, Kyiv, Ukraine); International Conference on Dynamical System. Theory and Applications DSTA 2007 (December 17-20, 2009, Lodz, Poland), DSTA 2009 (December 07-10, 2009, Lodz, Poland), DSTA 2011 (December 5-8, 2011, Łódź, Poland), DSTA 2015 (December 7-10, 2015, Łódź, Poland), DSTA 2017 (December 11-14, 2017, Łódź, Poland), DSTA 2019 (December 2-5, 2019, Lodz, Poland), DSTA 2021 (December 6-9, 2021, Lodz, Poland); XIX міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров’я» (01-03 червня 2011, Харків, Україна); Міжнародних наукових конференціях «Сучасні проблеми механіки та математики» - 2013, 2018, 2023 (21-25 травня 2013, Львів, Україна), (22-25 травня 2018, Львів, Україна), (23-25 травня 2023, Львів, Україна).

Україна); IX, X та XI Міжнародних наукових конференціях «Математичні проблеми механіки неоднорідних структур» (15-19 вересня 2014, Львів, Україна), (17-19 вересня 2019, Львів, Україна), (24-26 вересня 2024, Львів, Україна); 11th International Conference "Shell Structures: Theory and Applications" SSTA 2017 (October 11-13, 2017, Gdansk, Poland); II International USERN Congress (November 8-10, 2017, Kharkiv, Ukraine); I and II International Science and Technology Conferences "Dynamics, Strength and Modelling in Mechanical Engineering" DSMME 2018 (10-14 September, 2018, Kharkiv, Ukraine), DSMME 2020 (05-08 October, 2020, Kharkiv, Ukraine); Symposium "Nonlinear dynamics – scientific work of Prof. Dr Katica (Stevanović) Hedrih" (04-06 September 2019, Belgrade, Serbia; International Nonlinear Dynamics Conferencei NODYCON 2019 (February 17-20, 2019, Rome, Italy), NODYCON 2021 (February 16-19, 2021, Rome, Italy), NODYCON 2023 (June 18-22, 2023, Rome, Italy); International Conference on Advanced Mechanical and Power Engineering CAMPE-2021 (18-20 жовтня, 2021, Kharkiv, Ukraine); International scientific conference «Actual problems of mechanics - 2023» to the 145th anniversary of the birth of S.P. Timoshenko (14-16 November, 2023, Kyiv, Dnipro, Lviv, Kharkiv, Ukraine); IV International Conference on Dynamics, Control, and Applications to Applied Engineering and Life Science (November 6-11, 2023, Brazil); 13-th International Symposium on Vibrations of Continuous Systems Pomeroy, Kananaskis Mountain Lodge (July 30-August 04, 2023, Alberta, CANADA); 19-th International Conference on Condition Monitoring and Asset Management CM2023 (September 12-14, 2023, Northampton, UK); 19-th European Mechanics of Materials Conferences EMMC19 (May 29-31, 2024, Madrid, Spain); 28th International Scientific Conference "Transport Means – 2024" (October 02-04, 2024, Kaunas, Lithuania).

#### **11. Дотримання принципів академічної доброчесності.**

Дисертаційна робота «Математичне моделювання та розробка чисельно-аналітичних методів дослідження функціонально-градієнтних пологих оболонок та пластин з використанням теорії R-функцій» Шматко Тетяни Валентинівни виконана із дотриманням принципів академічної доброчесності. Усі результати, які винесено автором на захист, отримані самостійно і містяться в опублікованих роботах. У роботах, опублікованих у співавторстві, використані тільки ті ідеї, положення та розрахунки, які є результатом особистих наукових пошуків. Особистий внесок здобувача у колективні наукові роботи конкретизовано в списку праць здобувача, наведеному вище.

**12. Зв'язок докторської дисертаційної роботи з кандидатською.** Положення, наукові результати та висновки, що виносилися на захист

кандидатської дисертаційної роботи, не використовуються в докторській дисертаційній роботі «Математичне моделювання та розробка чисельно-аналітичних методів дослідження функціонально-градієнтних пологих оболонок та пластин з використанням теорії R-функцій» Шматко Тетяною Валентинівною.

### **13. Загальний висновок.**

Дисертаційна робота Шматко Т.В. за темою «Математичне моделювання та розробка чисельно-аналітичних методів дослідження функціонально-градієнтних пологих оболонок та пластин з використанням теорії R-функцій» є завершеною науково-дослідною роботою, яка розв'язує важливу науково-технічну проблему розробки ефективних чисельно-аналітичних методів дослідження статичної та динамічної поведінки елементів конструкцій, виготовлених із сучасних матеріалів, на основі математичних моделей, які враховують особливості процесів їх деформування: нелінійності, наявності пористості, пружної основи, розподілення об'ємних часток складових ФГМ, геометрії та виду умов закріплення.

Дисертаційна робота повністю відповідає паспорту спеціальності 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи за напрямками:

п. 2. «Розвиток та ефективне використання методів обчислювальної математики стосовно до вирішення проблем дослідження, проектування, виготовлення та експлуатації об'єктів нової техніки та нових технологій. В тому числі модифікація та спеціалізація існуючих обчислювальних методів з метою підвищення їх ефективності, створення і дослідження нових обчислювальних методів і алгоритмів, що враховують особливості реальних технічних та технологічних задач, забезпечують створення ефективних програмних засобів комп'ютерної реалізації»;

п. 4. «Розробка нових методів організації та оптимізації процесів моделювання, тобто процесів підготовки та використання моделюючих систем, як носіїв моделей, що досліджуються. Зокрема: підготовка первинної інформації, визначення складу та структури, настроювання та верифікація, перевірка та забезпечення якості комп'ютерних моделей чи інших моделюючих засобів, дослідження моделей в різних режимах їх функціонування, інтерпретація результатів моделювання».

Дисертаційна робота повністю відповідає вимогам п.п. 7, 8, 9, 11 «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021 року № 1197.

**УХВАЛИЛИ:**

**13.1.** Затвердити «Висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертаційної роботи» Шматко Тетяни Валентинівни «Математичне моделювання та розробка чисельно-аналітичних методів дослідження функціонально-градієнтних пологих оболонок та пластин з використанням теорії R-функцій», яка представлена на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук зі спеціальності 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи;

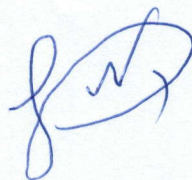
**13.2.** Рекомендувати дисертаційну роботу Шматко Т.В. «Математичне моделювання та розробка чисельно-аналітичних методів дослідження функціонально-градієнтних пологих оболонок та пластин з використанням теорії R-функцій» до публічного захисту в спеціалізованій вченій раді Д 64.180.01 в Інституті енергетичних машин і систем ім. А.М.Підгорного НАН України.

Рецензент за дисертаційною  
роботою, завідувачка кафедри  
вищої математики, д.ф.-м.н.,  
професор



Юлія ПЕРШИНА

Рецензент за дисертаційною  
роботою, професор кафедри  
вищої математики, д.т.н.,  
професор



Віктор ВАНІН

Рецензент за дисертаційною  
роботою, професор кафедри  
комп'ютерного моделювання  
процесів і систем, д.т.н.,  
професор



Дмитро БРЕСЛАВСЬКИЙ