

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів наукової доповіді за сукупністю статей, опублікованих у журналах, віднесених до першого та другого кuartилів (Q1 та Q2), Старушенко Галини Аркадіївни «Асимптотичні методи та моделі в механіці композитних матеріалів» на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.17 – будівельна механіка

Рецензенти: доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри прикладної механіки та матеріалознавства Українського державного університету науки і технологій **Ракша С. В.**, доктор фізико-математичних наук, професор кафедри будівельної і теоретичної механіки та опору матеріалів ПДАБА **Зеленський А. Г.**, доктор технічних наук, професор кафедри залізобетонних і кам'яних конструкцій Придніпровської державної академії будівництва та архітектури (ПДАБА) **Шехоркіна С. Є.**, призначені згідно з рішенням Вченої ради ПДАБА (протокол №4 від 28 листопада 2023 р.), розглянувши наукову доповідь за сукупністю статей, опублікованих у журналах, віднесених до першого та другого кuartилів (Q1 та Q2), **Старушенко Галини Аркадіївни «Асимптотичні методи та моделі в механіці композитних матеріалів» на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.17 – будівельна механіка, наукові публікації, в яких висвітлені основні наукові результати докторської дисертації, а також за результатами фахового семінару кафедри будівельної і теоретичної механіки та опору матеріалів (протокол №8 від 29 грудня 2023 р.) підготували висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів докторської дисертації:**

1. Дисертація Старушенко Г. А. на тему «Асимптотичні методи та моделі в механіці композитних матеріалів» є завершеною кваліфікаційною науковою працею, яка відповідає чинним нормативним вимогам щодо докторської дисертації за спеціальністю 05.23.17 – будівельна механіка.

2. Актуальність теми та зв'язок з науковими програмами, планами, темами.

Науково-технічний прогрес у будівельній галузі передбачає застосування нових будівельних матеріалів з різними властивостями та різноманітного призначення. Широке використання композитних матеріалів у будівельній індустрії обумовлено тим, що вони мають покращені властивості у порівнянні з такими властивостями вихідних компонентів, як механічні, теплофізичні, а також довговічність, хімічна стійкість та зниження собівартості матеріалів.

Вибір різних матеріалів та форм включень і матриці, різні технологічні процеси створення композиту дозволяють отримувати матеріали з необхідними характеристиками – високою міцністю та жорсткістю, низькою теплопровідністю, довговічністю, корозійною стійкістю, електроізоляційними властивостями тощо.

Всі ці фактори є визначальними в тому плані, що створення нових та вдосконалення існуючих композитних матеріалів неможливе без розвитку наукових досліджень у галузях механіки, прикладної математики, фізики, хімії. Вимоги до ефективності й надійності в експлуатації виробів і конструкцій та оптимізації технологічних процесів їх вироблення, необхідність аналізу механічних характеристик зумовлюють актуальність дослідження взаємозв'язку структури та властивостей композитних матеріалів.

Без розв'язання цієї актуальної наукової проблеми неможливе глибоке розуміння фізичних процесів, що відбуваються в композитах, та вдосконалення їх виробництва, підвищення дієвості й безпеки функціонування виробів на їх основі. Саме тому побудова розрахункових моделей композитів різної структури та розробка строгих математичних методів їх дослідження є актуальною науковою проблемою, що потребує фундаментального теоретичного обґрунтування на фізичному рівні та строгого математичного розв'язання.

Дисертаційне дослідження виконувалося згідно з чинним законодавством України в галузі архітектури та містобудування, нормативною базою будівництва, стратегією регіонального розвитку України, що беззаперечно свідчать, про необхідність проведення фундаментальних наукових досліджень у пріоритетних напрямках розвитку науки і техніки (Закон України № 687-XIV у редакції від 31 березня 2023 р. «Про архітектурну діяльність», Закон України № 2623-III у редакції від 13 січня 2024 р. «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки»).

Зокрема, актуальними є дослідження в галузі створення нових матеріалів з покращеними теплопровідними, електропровідними, оптичними, магнітними, та іншими функціональними характеристиками для різних видів новітньої техніки, створення нових матеріалів та композитів на їх основі, включаючи композити з двовимірними структурами, для потреб сучасної нано- і мікроелектроніки, електротехніки, альтернативної енергетики й енергозбереження, транспорту. Надважливим завданням в сучасних реаліях є створення нових композиційних матеріалів для літальних апаратів і лопатей вертольотів, для авіаційних двигунів – на основі надтвердих матеріалів, зміцнених жароміцними сплавами, розроблення надлегких алюмоматричних композитів для військових потреб, композитних матеріалів для використання в екстремальних умовах (Постанова Кабінету Міністрів України № 980 у редакції від 22 грудня 2023 р. «Деякі питання визначення середньострокових пріоритетних напрямів інноваційної діяльності галузевого рівня на 2023 рік»).

3. Формулювання наукової проблеми, нове вирішення якої отримано в дисертації:

побудова асимптотичних моделей і розробка математичних методів, що дозволяють коректно описувати композити різної структури та фізичні процеси, що відбуваються в них, обчислювати ефективні характеристики композитних матеріалів в області граничних значень їх фізичних і геометричних параметрів, будувати моделі континуальної апроксимації

дискретних систем для обґрунтованого представлення особливостей розв'язку дискретних задач неперервними функціями.

4. Наукові положення, розроблені особисто дисертантом, та їх новизна.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в побудові, математичному описі та фізичному обґрунтуванні асимптотичних моделей композитів різної структури, розвитку аналітичних методів для їх фундаментального теоретичного представлення та оцінки меж застосування теорій, на підставі яких вони розроблені, а саме:

вперше:

- на основі теорії осереднення, трифазної моделі композиту та методу збурення форми межі отримано визначальні співвідношення для ефективної теплопровідності композитного матеріалу, армованого волокнами круглого профілю, з урахуванням форми включень;
- з використанням методу збурення форми межі проведено узагальнення трифазної моделі для композитів із квадратними циліндричними включеннями;
- обґрунтовано доцільність використання апарату апроксимацій Паде щодо розширення області застосування трифазної моделі для волокнистого композиту з круглими включеннями;
- побудовано модифіковану трифазну модель композиту;
- на основі техніки Паде-апроксимацій для асимптотичного виразу ефективного параметра композита гексагональної структури визначені двосторонні оцінки з вузькою «вилкою» при будь-яких значеннях розміру включень;
- досліджено власні коливання мембрани з гексагональним масивом круглих включень на основі аналітичних співвідношень теорії осереднення;
- запропоновано застосування методу пилкоподібного перетворення аргументу для математичного опису моделей композитів з тонким інтерфейсом на межі розділу фаз;
- розроблено й обґрунтовано математичний апарат на основі τ -перетворення аргументу і методу асимптотично еквівалентних функцій для аналізу умов контакту «матриця – включення» в композитних структурах;
- із застосуванням теорії змазки побудовано асимптотичні моделі для щільно упакованих ідеально провідних та непровідних композитів із квадратною сіткою круглих включень;
- проаналізовано поняття фізичної еквівалентності композитних структур;
- проведено класифікацію та знайдено відповідні асимптотичні вирази ефективних параметрів композитів різної структури за умовами контакту «матриця – включення»: по матеріалу матриці; по матеріалу включень; при наявності тонкого прошарку на межі розділу фаз;
- за методом несиметричного пилкоподібного перетворення аргументу в поєднанні з математичним апаратом асимптотично еквівалентних функцій і теорією змазки побудовано асимптотичні моделі для композитів із квадратною

сіткою ромбічних включень і гексагональним масивом круглих включень, включаючи випадок інтерфейсу на межі розділу фаз;

- шляхом зрощування асимптотичних співвідношень отримано аналітичний вираз для ефективної теплопровідності композиту з циліндричними включеннями, квадратними в перерізі;

- запропоновано двофазну модель композиту та проведено асимптотичний аналіз формули Максвелла на її основі;

- з використанням альтернуючого методу Шварца побудовані вищі наближення формули Максвелла для композитів, армованих волокнами круглого профілю;

- із застосуванням математичного апарату апроксимацій Паде уточнено формулу Максвелла для волокнистих композитів із круглими включеннями;

- застосовано техніку пилкоподібного перетворення аргументу до періодичних задач теорії пружності для шаруватих композитів;

- з використанням τ -перетворення за часом проведено дослідження нелінійного осцилятора при параметричному імпульсному збудженні;

- доведено наявність хаосу в континуальній моделі рівняння Ферхюльста, побудованій з використанням апроксимацій Паде;

дістали подальший розвиток:

- методи дослідження ефективної теплопровідності композитного матеріалу з циліндричними включеннями квадратного профілю на основі теорії змазки;

- дослідження нестационарного теплообміну в композитній мембрані гексагональної структури з круглими включеннями;

- дослідження асимптотичного осереднення вищого порядку для динамічних задач;

- чисельне дослідження моделей континуальної апроксимації 1D лінійних хвильових процесів;

- дослідження асимптотичного характеру хвиль при переході від дискретного до неперервного середовища;

- використання апарату двохточкових апроксимацій Паде для побудови функції Гріна решітки Лагранжа й коректного опису основних особливостей розв'язку дискретних задач неперервними функціями.

5. Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, які захищаються, підтверджується:

- використанням строго обґрунтованого математичного апарату та чисельним моделюванням за допомогою обчислювальних можливостей математичних пакетів Maple та MATLAB;

- всебічно і ретельно виконаним чисельним та асимптотичним аналізом отриманих розв'язків;

- оцінкою області застосування побудованих моделей та аналітичних методів їх опису;

- порівнянням в окремих випадках з асимптотичними розв'язками, чисельними та експериментальними даними інших авторів;

- порівнянням з наближеними аналітичними розв'язками, знайденими на основі спрощених фізичних моделей чи інженерних схем;
- використанням для оцінки розв'язків границь Хашина – Штрикмана або (при можливості) більш вузьких границь, які враховують форму включення;
- аналізом граничних станів структури та відповідних їм розв'язків;
- аналізом фізичної суті розв'язків та чіткою відповідністю отриманих результатів фізичному змісту задач.

6. Теоретичне значення результатів дисертації:

1) Проведене дослідження охоплює широкий клас композитів різної структури, що використовуються в будівельній механіці, з різними фізичними та геометричними характеристиками включень, для яких з використанням строгого математичного апарату отримано опис та наведено обґрунтування зв'язку ефективних властивостей з характеристиками компонентів, виконано аналіз особливостей поведінки композитів, зумовлених їхньою гетерогенністю.

2) Побудовані, у строгій математичній постановці описані та фізично обґрунтовані асимптотичні моделі композитних структур різної природи:

- трифазні моделі волокнистого композиту з круглими та квадратними включеннями;
- модифікована трифазна модель композиту з циліндричними включеннями;
- моделі теорії змазки;
- модель двовимірних композитів гексагональної структури;
- моделі двофазних волокнистих композитів для включень різних форм та умов контакту «матриця – включення»;
- моделі двофазних волокнистих композитів з тонким інтерфейсом на межі розділу фаз;
- двофазні моделі композитів з круглими та квадратними включеннями для побудови узагальнених співвідношень формули Максвелла;
- моделі континуальної апроксимації одновимірних дискретних систем;
- континуальна модель з хаотичною поведінкою.

3) Побудовані асимптотичні моделі коректно працюють в області граничних значень фізичних і геометричних характеристик композиту, тобто саме в тих областях, де при використанні чисельних методів виникають труднощі обчислювального характеру.

4) У строгій математичній постановці розглянуто методи дослідження макроскопічних властивостей композитних матеріалів, запропоновано ефективні аналітичні алгоритми дослідження композитів, армованих дискретними волокнами.

5) Побудовано математичні співвідношення, що описують приведені параметри композитів залежно від геометричної структури армувальних волокон та їх фізичних характеристик.

6) Узагальнені, математично обґрунтовані аналітичні співвідношення, отримані для волокнистих композитів, дозволяють при варіюванні їх фізико-

геометричних параметрів описувати цілий клас структур, тоді як чисельні алгоритми практично не допускають узагальнень і не дозволяють отримати уявлення про клас структур у цілому.

7) Побудовані асимптотичні моделі та розроблений для їх опису математичний апарат допускають узагальнення та можуть бути використаними при проведенні подальших фундаментальних досліджень у галузі будівельної механіки та механіки композитів.

7. Практичне значення результатів дисертації.

1) Отримані в роботі аналітичні розв'язки та чисельні оцінки доцільно використовувати в інженерній практиці будівельної механіки при розрахунках ефективних параметрів волокнистих композитів із включеннями різної форми та умовами контакту фаз – при різних технологічних умовах виробництва композитних матеріалів.

2) Математичний апарат, розроблений у загальному вигляді для опису асимптотичних моделей, має сенс застосовувати при розрахунках композитів іншої структури.

3) Знайдені асимптотичні співвідношення доречно використовувати для оцінки чисельних розв'язків в області граничних значень параметрів композитів.

4) Моделі континуальної апроксимації стануть у нагоді при практичному дослідженні 1D лінійних хвильових процесів.

5) Побудовані моделі композитів різної структури й розроблені асимптотичні методи дослідження можуть використовуватися в навчальному процесі при викладанні варіативних навчальних дисциплін «Моделювання та аналітичні розв'язання задач механіки композитів», «Асимптотичні методи в інженерних задачах будівельної механіки» за освітньо-науковою програмою «Промислове та цивільне будівництво» при підготовці фахівців ступеня магістра і ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

8. Використання результатів роботи:

1) Результати роботи були використані в наукових розробках за дослідницьким грантом OPUS 14 N. 2017/27/B/ST8/01330 Національного Наукового Центру Польщі.

2) Результати дисертації були впроваджені в Науково-дослідному інституті гірничих проблем АН України при розробці низки тематик (АД-464, АД-465, АД-475, АД-476), присвячених вирішенню актуальних питань енергоефективності підприємств України.

9. Повнота викладення матеріалів дисертації в публікаціях.

За результатами дослідження опубліковано всього 105 наукових праць, у тому числі:

- 1 монографія, що реферована в наукометричній базі даних Scopus;
- 1 одноосібна монографія, опублікована в зарубіжному видавництві (Німеччина);
- 73 статті (з яких 30 реферовані в Scopus і Web of Science Core Collection, 6 – в Scopus, 3 – в Web of Science Core Collection, у тому числі 21

статтю опубліковано в журналах, віднесених до першого Q1 та другого Q2 квантилів, 3 статті – в журналах третього Q3 і четвертого Q4 квантилів; 2 статті – в збірнику наукових праць, що входить до переліку фахових видань Міністерства освіти і науки України; 21 стаття – в наукових періодичних виданнях інших держав);

– 30 публікацій – в збірниках матеріалів конференцій (із яких 17 видані в зарубіжних видавництвах).

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації

1. Andrianov IV, Starushenko GA, Danishevskyy VV, Tokarzewski S. Homogenization procedure and Pade approximants for effective heat conductivity of composite materials with cylindrical inclusions having square cross-section. P Roy Soc A-Math Phy. 1999;455(1989):3401–3413 (видання включено до міжнародних наукометричних баз Scopus і Web of Science, квантиль Q1).

2. Pilipchuk VN, Volkova SA, Starushenko GA. Study of a non-linear oscillator under parametric impulsive excitation using a non-smooth temporal transformation. J Sound Vib. 1999;222(2):307–328 (видання включено до міжнародних наукометричних баз Scopus і Web of Science, квантиль Q1).

3. Starushenko G, Krulik N, Tokarzewski S. Employment of non-symmetrical saw-tooth argument transformation method in the elasticity theory for layered composites. Int J Heat Mass Tran. 2002;45(14):3055–3060 (видання включено до міжнародних наукометричних баз Scopus і Web of Science, квантиль Q1).

4. Andrianov IV, Starushenko GA, Weicher D. Numerical investigation of 1D continuum dynamical models of discrete chain. ZAMM-Z Angew Math Me. 2012;92(11–12):945–954 (видання включено до міжнародних наукометричних баз Scopus і Web of Science, квантиль Q2).

5. Andrianov IV, Kalamkarov AL, Starushenko GA. Three-phase model for a fiber-reinforced composite material. Compos Struct. 2013;95:95–104 (видання включено до міжнародних наукометричних баз Scopus і Web of Science, квантиль Q1).

6. Andrianov IV, Awrejcewicz J, Starushenko GA. Application of an improved three-phase model to calculate effective characteristics for a composite with cylindrical inclusions. Lat Am J Solids and Stru. 2013;10(1):197–222 (видання включено до міжнародних наукометричних баз Scopus і Web of Science, квантиль Q2).

7. Andrianov IV, Kalamkarov AL, Starushenko GA. Analytical expressions for effective thermal conductivity of composite materials with inclusions of square cross-section. Compos B Eng. 2013;50:44–53 (видання включено до міжнародних наукометричних баз Scopus і Web of Science, квантиль Q1).

8. Kalamkarov AL, Andrianov IV, Starushenko GA. Three-phase model for a composite material with cylindrical circular inclusions. Part I: Application of the boundary shape perturbation method. Int J Eng Sci. 2014;78:154–177 (видання включено до міжнародних наукометричних баз Scopus і Web of Science, квантиль Q1).

9. Kalamkarov AL, Andrianov IV, Starushenko GA. Three-phase model for a composite material with cylindrical circular inclusions. Part II: Application of Padé

approximants. *Int J Eng Sci.* 2014;78:178–191 (видання включено до міжнародних наукометричних баз *Scopus* і *Web of Science*, квартиль Q1).

10. Andrianov IV, Awrejcewicz J, Starushenko GA. Asymptotic analysis of the Maxwell Garnett formula using the two-phase composite model. *Int J Appl Mech.* 2015;7(2):1550025-1–1550025-27 (видання включено до міжнародних наукометричних баз *Scopus* і *Web of Science*, квартиль Q2).

11. Andrianov IV, Awrejcewicz J, Markert B, Starushenko GA. Analytical homogenization for dynamic analysis of composite membranes with circular inclusions in hexagonal lattice structures. *Int J Struct Stab Dyn.* 2017;17(5):1740015-1–1740015-14 (видання включено до міжнародних наукометричних баз *Scopus* і *Web of Science*, квартиль Q1).

12. Andrianov IV, Awrejcewicz J, Starushenko GA. Asymptotic models and transport properties of densely packed, high-contrast fibre composites. Part I: Square lattice of circular inclusions. *Compos Struct.* 2017;179:617–627 (видання включено до міжнародних наукометричних баз *Scopus* і *Web of Science*, квартиль Q1).

13. Andrianov IV, Awrejcewicz J, Starushenko GA. Asymptotic models for transport properties of densely packed, high-contrast fibre composites. Part II: Square lattices of rhombic inclusions and hexagonal lattices of circular inclusions. *Compos Struct.* 2017;180:351–359 (видання включено до міжнародних наукометричних баз *Scopus* і *Web of Science*, квартиль Q1).

14. Andrianov I, Starushenko G, Kvitka S, Khajiyeva L. The Verhulst-like equations: integrable ODE and ODE with chaotic behavior. *Symmetry.* 2019;11(12):1446 (видання включено до міжнародних наукометричних баз *Scopus* і *Web of Science*, квартиль Q2).

15. Andrianov II, Awrejcewicz J, Starushenko GA, Gabrinets VA. Refinement of the Maxwell formula for composite reinforced by circular cross-section fibers. Part I: using the Schwarz alternating method. *Acta Mech.* 2020;231(12):4971–4990. (видання включено до міжнародних наукометричних баз *Scopus* і *Web of Science*, квартиль Q1).

16. Andrianov II, Awrejcewicz J, Starushenko GA, Gabrinets VA. Refinement of the Maxwell formula for composite reinforced by circular cross-section fibers. Part II: using Padé approximants. *Acta Mech.* 2020;231(12):5145–5157 (видання включено до міжнародних наукометричних баз *Scopus* і *Web of Science*, квартиль Q1).

17. Andrianov I, Koblik S, Starushenko G. Transition from discrete to continuous media: the impact of symmetry changes on asymptotic behavior of waves. *Symmetry.* 2021;13(6):1008 (видання включено до міжнародних наукометричних баз *Scopus* і *Web of Science*, квартиль Q2).

18. Andrianov II, Andrianov IV, Starushenko GA, Borodin EI. Higher order asymptotic homogenization for dynamical problems. *Math Mech Solids.* 2022;27(9):1672–1687 (видання включено до міжнародних наукометричних баз *Scopus* і *Web of Science*, квартиль Q2).

19. Andrianov IV, Koblik SG, Starushenko GA, Kudaibergenov AK. On aspects of gradient elasticity: Green's functions and concentrated forces. *Symmetry.* 2022;14(2):188 (видання включено до міжнародних наукометричних баз *Scopus* і

Web of Science, квартиль Q2).

20. Andrianov IV, Awrejcewicz J, Starushenko GA. Non-stationary heat transfer in composite membrane with circular inclusions in hexagonal lattice structures. *Acta Mech.* 2022;233(4):1339–1350 (видання включено до міжнародних наукометричних баз *Scopus* і *Web of Science*, квартиль Q2).

21. Andrianov IV, Awrejcewicz J, Starushenko GA, Kvitka SA. Effective heat conductivity of a composite with hexagonal lattice of perfectly conducting circular inclusions: An analytical solution. *ZAMM-Z Angew Math Me.* 2022;102(11):e202200216 (видання включено до міжнародних наукометричних баз *Scopus* і *Web of Science*, квартиль Q2).

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

22. Андрианов ИВ, Старушенко ГА. Эффективные изгибные характеристики пластин из композитных материалов. В: Труды III Всесоюзной конференции «Прочность, жесткость, технологичность изделий из композиционных материалов»; 24-26 окт 1989; Запорожье, UA. С. 10.

23. Andrianov IV, Starushenko GA. Asymptotic methods in the theory of perforated media. In: Proceedings of the 30th Polish Solid Mechanics Conference; 1994 Sep 5-9; Zakopane, PL. P. 39.

24. Andrianov IV, Starushenko GA. New analytical approaches in the theory of composite materials. In: Annual Scientific Conference Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik; 1996 May 27-31; Prague, CZ. P. 10.

25. Andrianov IV, Danishevsky VV, Starushenko GA, Tokarzewski S. Asymptotic approach, multi-point Pade and quasifractional approximations in the theory of composite materials. In: Book of Abstracts of the 3rd EUROMECH Solid Mechanics Conference; 1997 Aug 18-22; Stockholm, SE. P. 27.

26. Andrianov I, Starushenko G, Danishevsky V. Asymptotic approximation of effective heat conductivity of composite materials with large diamond fibre inclusions. In: Book of Abstracts of the X International Conference on Mechanics of Composite Materials; 1998 Apr 20-23; Riga, LV. P. 19.

27. Старушенко ГА, Крулик НА. Метод несимметричного пилообразного преобразования аргумента в теории композитных материалов. В: Матеріали Першої міжнародної конференції «Наука і освіта '98»; 23-30 квіт 1998; Дніпропетровськ, UA. Фізико-математичні науки. Технічні науки; 8. С. 326.

28. Starushenko G, Krulik N. About elasticity theory periodic task solutions representation by the special non-smooth variable transformation. В: Матеріали Першої міжнародної конференції «Наука і освіта '98»; 23-30 квіт 1998; Дніпропетровськ, UA. Фізико-математичні науки. Технічні науки; 10. С. 413.

29. Andrianov I, Starushenko G, Tokarzewski S. Asymptotic investigation of effective transport properties of composite materials. In: Volume of Abstracts of the 32nd Solid Mechanics Conference; 1998 Sep 5-9; Zakopane, PL. P. 47–48.

30. Starushenko G, Krulik N, Tokarzewski S. Employment of non-symmetrical saw-tooth argument transformation method in the elasticity theory for flaky composites. In: Volume of Abstracts of the 32nd Solid Mechanics Conference; 1998 Sep 5-9; Zakopane, PL. P. 351–352.

31. Tokarzewski S, Galka A, Starushenko G. Stieltjes integral representation

for torsion moduli of bars reinforced with cylindrical fibres. In: Volume of Abstracts of the 32nd Solid Mechanics Conference; 1998 Sep 5-9; Zakopane, PL. P. 71.

32. Tokarzewski S, Starushenko G, Andrianov I. Analytical continuation of effective transport coefficients expanded at zero and infinity. In: Abstracts of the International Conference on Rational Approximation; 1999 Jun 6-11; Antwerp, BE. P. 11.

33. Andrianov I, Danishevskyy V, Tokarzewski S, Starushenko G. Pade approximants for effective properties of composite materials. In: Book of Abstracts of the 4th EUROMECH Solid Mechanics Conference, 2000 Jun 26-30; Metz, FR. P. 242.

34. Tokarzewski S, Andrianov I, Starushenko G, Danishevskyy V. Analytical continuation of asymptotic expansions of effective transport properties. In: Abstracts of the Third World Congress of Nonlinear Analysts; 2000 Jul 19-26; Catania, IT. P. 648.

35. Starushenko G, Krulik N, Tokarzewski S. Description of periodic processes by special smooth-linear argument transformation. In: Volume of Abstracts of the 33rd Solid Mechanics Conference; 2000 Sep 1-5; Zakopane, PL. P. 375–376.

36. Старушенко ГА, Крулик НА. Анализ и взаимодействие асимптотических методов в периодических задачах теории композитов. В: Матеріали Першої Всеукраїнської науково-практичної конференції «Україна наукова '2001»; 25-27 черв 2001; Дніпропетровськ, UA. Технічні та фізико-математичні науки; 3. С. 10–11.

37. Старушенко ГА, Крулик НА, Ларионов ГИ. Периодические решения плоской задачи теории слоистых композитов. В: Матеріали Першої Всеукраїнської науково-практичної конференції «Україна наукова '2001»; 25-27 черв 2001; Дніпропетровськ, UA. Технічні науки; 8. С. 51–53.

38. Старушенко ГА, Крулик НА. Дослідження згинання стрижня на дискретних лінійно-пружних опорах. В: Матеріали Другої Всеукраїнської науково-практичної конференції «Україна наукова '2002»; 10-24 трав 2002; Дніпропетровськ, UA. Фізико-математичні та технічні науки; 13. С. 28–29.

39. Starushenko G, Krulik N, Tokarzewski S. Investigation and analysis of a periodic problem for a layered composite structure on an elastic foundation by means of a no smooth argument transformation method. In: Book of Abstracts of the XII International Conference on Mechanics of Composite Materials; 2002 Jun 9-13; Riga, LV. P. 195.

40. Старушенко ГА. Неоднородная модель в задачах теплопроводности периодических неоднородных структур. В: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Динаміка наукових досліджень»; 28 жовт – 4 лист 2002; Дніпропетровськ, UA. Архітектура. Механіка; 2. С. 35–36.

41. Старушенко ГА, Рогоза БЕ, Андрианов ИВ. Анализ трехфазной модели периодических задач теории упругости. В: Матеріали Третьої Всеукраїнської наукової конференції «Математичні проблеми технічної механіки»; 20-23 квіт 2003; Дніпродзержинськ, UA. С. 134.

42. Старушенко ГА, Крулик НА, Рогоза БЕ. Асимптотический анализ периодических решений на основе специального негладкого преобразования

аргумента. В: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Україна наукова '2003»; 16-20 черв 2003; Дніпропетровськ, UA. Технічні науки. Математика; 30. С. 28–29.

43. Старушенко ГА, Крулик НА, Рогоза БЕ. Применение метода специального негладкого преобразования аргумента к исследованию слоистого композитного массива на комбинированном упругом основании. В: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Динаміка наукових досліджень '2005»; 20-30 черв 2005; Дніпропетровськ, UA. Технічні науки; 51. С. 35–36.

44. Starushenko G, Rogoza B. At inhomogeneous model for effective transport properties of highly contrasting composite materials. In: Book of Abstracts of the XV International Conference on Mechanics of Composite Materials; 2008 May 26-30; Riga, LV. P. 253–254.

45. Андрианов ИВ, Старушенко ГА, Габринец ВА, Бывалин ДН. Эффективный коэффициент теплопроводности композитного материала, пригодный для любых значений параметров. В: Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Міцність матеріалів та елементів конструкцій», присвяченої 100-літтю з дня народження академіка НАН України Г. С. Писаренка; 28-30 верес 2010; Київ, UA; 1. С. 14–15.

46. Andrianov I, Markert B, Starushenko G. Linear and nonlinear waves in lattice structures: continualization and discrete effects. In: Book of Abstracts of the 8th European Nonlinear Oscillations Conference; 2014 Jul 6-11; Vienna, AT; paper-ID 231. P. 114–115.

47. Andrianov I, Starushenko G, Kvitka S. Estimations of the effective heat conductivity of a composite with hexagonal lattice of perfectly conducting circular inclusions. In: Abstracts at the 13th ISAAC Congress «Constructive Methods in the Theory of Composite and Porous Media»; 2021 Aug 2-6; Ghent, BE. P. 53.

48. Andrianov I, Starushenko G, Kvitka S. Homogenization of transport properties of densely packed, high-contrast fibre composites: analytical solution of cell problem. In: Abstracts at EUROMECH Colloquium 626 «Mechanics of High-Contrast Elastic Composites»; 2021 Sep 06-08; Keele, UK. P. 7.

49. Andrianov I, Awrejcewicz J, Starushenko G, Kvitka S. Thermal waves in composite membrane with circular inclusions in hexagonal lattice structures. In: Abstracts at the 16th International Conference “Dynamical Systems – Theory and Applications”; 2021 Dec 6-9; Lodz, PL. P. 491–492.

50. Старушенко ГА. Нестационарный теплообмен в композитных мембранах. В: Матеріали Міжнародної науково-технічної та навчально-методичної конференції «Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – REMS'2022»; 15-17 листоп 2022; Київ, UA. С. 79–81.

51. Старушенко ГА. Эффективная теплопроводность высокопроводящих щільно упакованных композитов. В: Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Проблеми надійності та міцності машин і споруд»; 11-12 трав 2023; Харків, UA. С. 52–55.

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації

52. Андрианов ИВ, Старушенко ГА. Исследование изгиба пластины, ослабленной малыми отверстиями. В: Динамика и прочность машин. Харьков:

Вища школа; 1988;47:34–40.

53. Пилипчук ВН, Старушенко ГА. Об одном варианте негладких преобразований переменных для одномерных упругих систем периодической структуры. ПММ. 1997;61(2):275–284.

54. Пилипчук ВН, Старушенко ГА. О представлении периодических решений дифференциальных уравнений посредством косоугольно-пилообразного преобразования аргумента. Дорov Нас акаd наук Укр. 1997;11:25–28.

55. Андрианов ИВ, Старушенко ГА, Данишевский ВВ. Асимптотическое представление эффективного коэффициента теплопроводности композитного материала с волокнистыми включениями ромбовидной формы большого размера. В: Диференціальні рівняння та їх застосування. Дніпропетровськ: ДДУ; 1998:46–52.

56. Tokarzewski S., Andrianov I., Starushenko G. Dynamical torsion moduli of porous beams filled with viscous fluid [in Polish]. In: Proceeding of 6th Polish – Ukrainian seminar; 1998 Jul 6-11; Warsaw. Warsaw, PL: Theoretical Foundation of Civil Engineering; 1998;6. P. 386–392.

57. Андрианов ИВ, Старушенко ГА. Использование трехфазной модели для определения эффективных характеристик композитов с любыми периодическими кубическими включениями. Дорov Нас акаd наук Укр. 1997;11:52–56.

58. Андрианов ИВ, Старушенко ГА, Бывалин ДН. Численное исследование применимости уточненных моделей сплошной среды для описания пространственно-одномерных линейных волновых процессов. В: Проблеми обчислювальної механіки і міцності конструкцій. Дніпропетровськ: Наука і освіта; 2008;12:3–11.

59. Андрианов ИВ, Старушенко ГА, Рогоза БЕ. Применение асимптотических приближений теории смазки к исследованию композитных структур. В: Методи розв'язування прикладних задач механіки деформівного твердого тіла. Дніпропетровськ: Наука і освіта; 2008;9:3–16.

60. Андрианов ИВ, Старушенко ГА, Бывалин ДН. Двухфазная модель композита с цилиндрическими включениями малого размера. В: Проблеми обчислювальної механіки і міцності конструкцій. Дніпропетровськ: Наука і освіта; 2010;14:20–43.

61. Андрианов ИВ, Старушенко ГА, Бывалин ДН. Анализ двухфазной модели композита с цилиндрическими включениями малого размера. В: Проблеми обчислювальної механіки і міцності конструкцій. Дніпропетровськ: Наука і освіта; 2010;14:44–55.

62. Андрианов ИВ, Старушенко ГА, Габринец ВА, Бывалин ДН. Эффективный коэффициент теплопроводности композитного материала, пригодный для любых значений параметров. В: Труды Международной научно-технической конференции «Прочность материалов и элементов конструкций», посвященной 100-летию со дня рождения академика НАН Украины Г. С. Писаренко; 28-30 сент 2010; Киев, UA. Киев: Институт проблем прочности НАН Украины; 2011. С. 162–169.

10. Конкретний особистий внесок дисертанта в одержання наукових результатів, що виносяться на захист.

У статтях, виконаних у співавторстві, авторові належать такі результати:

- на основі теорії осереднення, трифазної моделі композиту та методу збурення форми межі побудовано моделі волокнистих композитів з урахуванням форми включень [1, 2];
- знайдено розв’язок задачі для композита з високопровідними квадратними включеннями великих розмірів із застосуванням теорії змазки [3];
- використано апарат апроксимацій Паде для розширення області застосування трифазної моделі для волокнистого композиту з круглими включеннями [4];
- побудовано модифіковану трифазну модель композиту [5];
- проведено узагальнення методу теорії змазки для ідеально провідних включень середніх розмірів та знайдені верхня і нижня оцінки приведенного параметра [6];
- з використанням теорії асимптотичної гомогенізації отримані аналітичні співвідношення, що описують власні коливання мембрани з гексагональним масивом круглих включень [7];
- побудовані визначальні аналітичні співвідношення в задачі нестационарного теплообміну в композитній мембрані гексагональної структури з круглими включеннями [8];
- на основі методів пилкоподібного перетворення аргументу й асимптотично еквівалентних функцій розроблено математичний апарат для опису моделей композитів з тонким інтерфейсом на межі розділу фаз [9, 10];
- отримано аналітичний вираз ефективної теплопровідності композиту з квадратними циліндричними включеннями шляхом зрощування асимптотичних співвідношень [11];
- побудовано двофазну модель волокнистого композиту з квадратними в перерізі включеннями [12];
- для композитів, армованих волокнами круглого профілю, знайдено вищі наближення формули Максвелла з використанням альтернуючого методу Шварца й апарату апроксимацій Паде [13, 14];
- проведено аналітичне й чисельне дослідження асимптотичного осереднення вищого порядку для динамічних задач [15];
- застосовано техніку пилкоподібного перетворення аргументу до періодичних задач теорії пружності для шаруватих композитів [16];
- застосовано техніку τ -перетворення за часом для дослідження нелінійного осцилятора при параметричному імпульсному збудженні [17];
- проведено чисельне дослідження моделей континуальної апроксимації [18, 19];
- побудовані неперервні апроксимації функції Гріна решітки Лагранжа з використанням апарату двохточкових апроксимацій Паде [20];
- проведено чисельний аналіз і доведено наявність хаосу в неперервній моделі, побудованій з використанням апроксимацій Паде [21].

11. Апробація матеріалів дисертації.

За матеріалами дослідження було зроблено доповіді на 43 українських та міжнародних наукових конференціях, семінарах і конгресах:

- III Всесоюзна конференція «Міцність, жорсткість, технологічність виробів із композиційних матеріалів» (м. Запоріжжя, Україна, 24-26 жовтня 1989 р.);
- 30-а Польська конференція з механіки твердого тіла (м. Закопане, Польща, 5-9 вересня 1994 р.);
- Міжнародна конференція «Легковагі конструкції в цивільному будівництві» (м. Варшава, Польща, 25-29 вересня 1995 р.);
- Щорічна наукова конференція з математики й механіки (GAMM) (м. Прага, Чеська Республіка, 27-31 травня 1996 р.);
- 4-й Польсько-Український семінар «Теоретичні основи цивільного будівництва» (м. Варшава, Польща, 8-15 липня 1996 р.);
- 3-я Європейська конференція з механіки твердого тіла (EUROMECH) (м. Стокгольм, Швеція, 18-22 серпня 1997 р.);
- 5-й Польсько-Український семінар «Теоретичні основи цивільного будівництва» (м. Дніпропетровськ, 30 червня – 7 липня 1997 р.);
- Міжнародна конференція «III школа геомеханіки» (м. Глівіце, Польща, 23-26 листопада 1997 р.);
- X Міжнародна конференція з механіки композитних матеріалів (м. Рига, Латвія, 20-23 квітня 1998 р.);
- Перша міжнародна конференція «Наука і освіта '98». Фізико-математичні науки. Технічні науки (м. Дніпропетровськ – м. Одеса – м. Кривий Ріг – м. Київ – м. Харків – м. Дніпродзержинськ, Україна, 23-30 квітня 1998 р.);
- 6-й Польсько-Український семінар «Теоретичні основи цивільного будівництва» (м. Варшава, Польща, 6-11 липня 1998 р.);
- 32-а Польська конференція з механіки твердого тіла (м. Закопане, Польща, 5-9 вересня 1998 р.);
- 5-а Європейська реологічна конференція (м. Порторож, Словенія, 6-11 вересня 1998 р.);
- Міжнародна конференція з раціональних апроксимацій (ICRA 99) (м. Антверпен, Бельгія, 6-11 червня 1999 р.);
- 7-й Польсько-Український семінар (м. Дніпропетровськ, Україна, 24-29 червня 1999 р.);
- Міжнародна конференція з інженерної реології (ICER '99) (м. Зелена Гора, Польща, 27-30 червня 1999 р.);
- 8-й Польсько-Український семінар (м. Варшава, Польща, 26-30 червня 2000 р.);
- 4-а Європейська конференція з механіки твердого тіла (EUROMECH) (м. Мец, Франція, 26-30 червня 2000 р.);
- Третій всесвітній конгрес з нелінійного аналізу (м. Катанія, Італія, 19-26 липня 2000 р.);
- 33-я Польська конференція з механіки твердого тіла (м. Закопане,

Польща, 1-5 вересня 2000 р.);

– Перша всеукраїнська науково-практична конференція «Україна наукова '2001». Технічні та фізико-математичні науки (м. Дніпропетровськ – м. Дніпродзержинськ – м. Донецьк – м. Слов'янськ, Україна, 25-27 червня 2001 р.);

– 9-й Польсько-Український семінар (м. Дніпропетровськ, Україна, 27 червня – 1 липня 2001 р.);

– Перша всеукраїнська науково-практична конференція «Україна наукова '2001». Технічні науки (м. Дніпропетровськ – м. Дніпродзержинськ – м. Суми, Україна, 5-7 листопада 2001 р.);

– Друга всеукраїнська науково-практична конференція «Україна наукова '2002». Фізико-математичні та технічні науки (м. Дніпропетровськ – м. Черкаси – м. Львів, Україна, 10-24 травня 2002 р.);

– XII Міжнародна конференція з механіки композитних матеріалів (м. Рига, Латвія, 9-13 червня 2002 р.);

– 10-й Польсько-Український семінар (м. Варшава, Польща, червень 2002 р.);

– Міжнародна конференція «Легковагі конструкції в цивільному будівництві» (м. Варшава, Польща, 24-28 червня 2002 р.);

– Міжнародна науково-практична конференція «Динаміка наукових досліджень». Архітектура. Механіка (м. Дніпропетровськ – м. Дніпродзержинськ – м. Харків, Україна, 28 жовтня – 4 листопада 2002 р.);

– Третя всеукраїнська наукова конференція «Математичні проблеми технічної механіки» (м. Дніпродзержинськ, Україна, 20-23 квітня 2003 р.);

– Міжнародна науково-практична конференція «Україна наукова '2003». Технічні науки. Математика (м. Дніпропетровськ – м. Запоріжжя, Україна, 16-20 червня 2003 р.);

– XI Українсько-польський семінар (м. Дніпропетровськ, Україна, 23-27 червня 2003 р.);

– II Міжнародна конференція з інженерної реології (м. Зелена Гора, Польща, 24-27 серпня 2003 р.);

– VIII Міжнародна науково-практична конференція «Динаміка наукових досліджень '2005». Технічні науки (м. Дніпропетровськ, Україна, 20-30 червня 2005 р.);

– XV Міжнародна конференція з механіки композитних матеріалів (м. Рига, Латвія, 26-30 травня 2008 р.);

– X Міжнародна конференція з динамічних систем (м. Лодзь, Польща, 7-10 грудня 2009 р.);

– Міжнародна науково-технічна конференція «Міцність матеріалів та елементів конструкцій», присвячена 100-літтю з дня народження академіка НАН України Г. С. Писаренка (м. Київ, Україна, 28-30 вересня 2010 р.);

– VIII Європейська конференція з нелінійної динаміки (ENOC 2014) (м. Відень, Австрія, 6-11 липня, 2014 р.);

– XIII Міжнародна конференція «Динамічні системи – теорія та

прикладання» (DSTA) (м. Лодзь, Польща, 7-10 грудня 2015 р.);

– 13-й Онлайн-конгрес Міжнародного товариства аналізу, його застосування та обчислення (ISSAC) «Конструктивні методи в теорії композитних і пористих середовищ» (м. Гент, Бельгія, 2-6 серпня 2021 р.);

– Колоквіум Євромех (EUROMECH Colloquium) 626 «Механіка висококонтрастних еластичних композитів (м. Кіль, Велика Британія, 6-8 вересня 2021 р.);

– 16-а Міжнародна конференція «Динамічні системи – теорія та прикладання» (DSTA) (м. Лодзь, Польща, 6-9 грудня 2021 р.);

– Міжнародна науково-технічна та навчально-методична конференція «Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – PEMS'2022» (м. Київ, Україна, 15-17 листопада 2022 р.);

– Всеукраїнська науково-практична конференція «Проблеми надійності та міцності машин і споруд» (м. Харків, Україна, 11-12 травня 2023 р.).

По результатах дисертації було зроблено наукову доповідь за сукупністю статей, опублікованих в журналах, віднесених до першого та другого квартилів (Q1 та Q2), на онлайн-семінарі «Materialica+ Research Group» (м. Краків, Польща, 20 грудня 2023 р.).

У повному обсязі дисертація доповідалася на засідання фахового семінару кафедри будівельної і теоретичної механіки та опору матеріалів ПДАБА (29 грудня 2023 р.).

12. Оцінка мови та стилю дисертації.

Наукова доповідь за сукупністю статей, опублікованих у журналах, віднесених до першого та другого квартилів (Q1 та Q2), написана грамотно, на високому науковому рівні; стиль викладення матеріалу досліджень, обґрунтування наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечує їх логічну послідовність, взаємозв'язок і доступність для сприйняття.

13. Відповідність змісту дисертації спеціальності, з якої вона подається до захисту.

За змістом дисертаційна робота відповідає затвердженому МОН України паспорту спеціальності 05.23.17 – будівельна механіка (п. 1 «Загальні принципи побудови конструктивних систем та математичних моделей об'єктів, які перебувають під дією навантажень», п. 3 «Розроблення загальних методів розрахунку конструктивних систем: чисельних, аналітичних, чисельно-аналітичних тощо», п. 4 «Принципи пошуку та побудови раціональних форм та структури просторових конструкцій. Розроблення моделей напружено-деформованого стану конструктивних систем складної геометричної форми, неоднорідної будови тощо» напрямків досліджень згідно з паспортом спеціальності).

14. Відповідність докторської дисертації вимогам пп. 7, 9 «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук».

Докторська дисертація Старушенко Г. А. відповідає вимогам пп. 7, 9 «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук», а саме:

- докторська дисертація є кваліфікаційною науковою працею, виконаною здобувачем самостійно;
- містить наукові положення та нові науково обґрунтовані результати у галузі будівельної механіки, одержані здобувачем особисто, які мають практичну та теоретичну цінність та які підтверджуються документами, що засвідчують проведення здобувачем досліджень;
- виконана за науковою спеціальністю з галузі науки 19 – Архітектура та будівництво відповідно до переліку, затвердженого МОН;
- відповідає паспорту спеціальності 05.23.17 – будівельна механіка;
- містить обґрунтовані висновки на основі одержаних здобувачем достовірних результатів;
- характеризується єдністю змісту;
- свідчить про особистий внесок здобувача в науку щодо розв'язання важливої теоретико-прикладної проблеми;
- відповідає принципам академічної доброчесності;
- наукові положення і результати кандидатської дисертації здобувачки не використовувались у її докторській дисертації.

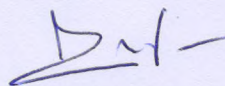
15. Рекомендація докторської дисертації до захисту.

Затвердити тему докторської дисертації у вигляді наукової доповіді за сукупністю статей, опублікованих у журналах, віднесених до першого та другого квартилів (Q1 та Q2), Старушенко Галини Аркадіївни: «Асимптотичні методи та моделі в механіці композитних матеріалів».

Рекомендуємо наукову доповідь за сукупністю статей, опублікованих у журналах, віднесених до першого та другого квартилів (Q1 та Q2), Старушенко Галини Аркадіївни «Асимптотичні методи та моделі в механіці композитних матеріалів» на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.17 – будівельна механіка до захисту в спеціалізованій вченій раді Д 08.085.02 з присудження наукового ступеня доктора наук Придніпровської державної академії будівництва та архітектури.

Рецензенти:

д.т.н., професор, завідувач кафедри
прикладної механіки та матеріалознавства
Українського державного університету
науки і технологій



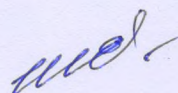
Сергій РАКША

д.ф.-м.н., професор кафедри
будівельної і теоретичної механіки
та опору матеріалів ПДАБА



Анатолій ЗЕЛЕНСЬКИЙ

д.т.н., професор кафедри залізобетонних
і кам'яних конструкцій ПДАБА



Світлана ШЕХОРКІНА

Висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів та тему докторської дисертації Старушенко Галини Аркадіївни затверджено на засіданні Вченої Придніпровської державної академії будівництва та архітектури від 23 січня 2024 р., протокол № 6.

Рішення прийнято одностайно.

Головуючий на засіданні Вченої ради

Владислав ДАНШЕВСЬКИЙ

Вчений секретар

Анастасія ГАЙДАР

