

"ЗАТВЕРДЖУЮ"

В.о. директора Інституту механіки
ім. С.П. Тимошенка НАН України,
академік НАН України
Володимир НАЗАРЕНКО



2025 р.

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів докторської дисертації Григор'євої Людмили Олександрівни на тему
«Чисельне моделювання динамічних процесів у п'єзоелектричних тілах з урахуванням дисипативних властивостей та неоднорідності матеріалу»,
поданої на здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.02.04 - механіка деформівного твердого тіла

Тему дисертаційної роботи “ **Чисельне моделювання динамічних процесів у п'єзоелектричних тілах з урахуванням дисипативних властивостей та неоднорідності матеріалу** ” затверджено на засіданні Вченої ради Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського” 30.10.2023 р., протокол № 20 та перезатверджено на засіданні Вченої ради НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» 14.04.2025, протокол №4. Науковий консультант д.ф.-м.н., професор І. В. Янчевський

Структурний підрозділ для проведення попередньої експертизи дисертації та рецензентів затверджено Вченою радою Інституту механіки ім. С.П. Тимошенка НАН України (протокол №7 від “06” травня 2025 року).

Заслухавши та обговоривши доповіді Григор'євої Людмили Олександрівни на науковому семінарі відділу теорії коливань, науковому семінарі секції «Динаміка та стійкість руху механічних систем», загальноінститутському семінарі Інституту механіки ім. С.П. Тимошенка, а також за результатами попередньої експертизи представленої дисертації рецензенти ухвалили прийняти такий висновок:

1. Актуальність теми дослідження Дослідження неоднорідних п'єзоелектричних матеріалів та п'єзоелементів на їх основі є актуальною науково-технічною задачею, оскільки відкриває нові можливості для створення пристроїв з підвищеною ефективністю і продуктивністю. Розвинута методика розв'язання задач дослідження динамічного електромеханічного стану неоднорідних п'єзоелектричних тіл дозволяє прогнозувати поведінку конструктивного елемента при проєктованих робочих режимах та реакцію на зміну умов функціонування з врахуванням дисипації енергії, що дає можливість

ще на етапі проєктування п'єзоелектричних технічних пристроїв проводити максимально наближені до фізичної картини коливань чисельні експерименти та оптимізувати роботу електроперетворювача за електромеханічним відгуком шляхом зміни форми, матеріалу, умов навантаження та закріплення.

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

Дослідження, результати яких викладені в дисертаційній роботі, передбачені програмами і планами наукових досліджень з природничих наук НАН України і увійшли до звітів за науково-дослідною роботою Інституту механіки ім. С. П. Тимошенка «Коливання п'єзокерамічних перетворювачів енергії при гармонічних і нестационарних збуреннях з урахуванням електромеханічних втрат» (Інститут механіки, 2016р.) та «Динамічне деформування елементів конструкцій сучасного машинобудування та стійкість і досяжність множин траєкторій механічних систем» (№ д. р. 0117U000700). Здобувачка є відповідальним виконавцем теми «Розробка аналітично-чисельних методів розрахунку елементів конструкцій на силові, кінематичні, динамічні та температурні впливи» (№ 0118U002360, 2018-2023рр.), та керівником теми «Чисельне моделювання та проєктування неоднорідних конструкцій при динамічних, кінематичних та температурних впливах» (№ 0124U00500, 2025-32 рр.), що виконуються на кафедрі опору матеріалів КНУБА.

3. Наукова новизна отриманих результатів. У дисертації одержані такі нові наукові результати:

- Дано постановки нового класу задач електров'язкопружності, що враховують неоднорідність матеріалу п'єзоелектрика, його дисипативні властивості та вплив акустичного середовища на основі теорії електропружності, механіки спадкового середовища, реологічних співвідношень, механіки композитів, гідропружності в акустичному наближенні.
- У рамках моногармонічного наближення розвинуто нові підходи до розв'язання динамічних задач електропружності на основі варіаційно-сплайнного методу та Гамільтонового формалізму. Виконано чисельну реалізацію розвинутих підходів за допомогою методу дискретної ортогоналізації. Розвинуті підходи адаптовано до розрахунку гармонічних вісесиметричних коливань однорідних та композитних електров'язкопружних тіл.
- Розроблено новий узагальнений чисельний підхід для дослідження нестационарних пульсуючих коливань однорідних, багаточарових та неперервно-неоднорідних п'єзоелементів плоскої, циліндричної та сферичної форм з врахуванням механічних, п'єзоелектричних та діелектричних втрат енергії. Розвинуто спосіб визначення електрорушійної сили п'єзоелементів при механічних нестационарних навантаженнях
- Систематизовано підходи до врахування дисипативних характеристик матеріалу за допомогою комплексних модулів, частотно-незалежного демпфування, демпфування за Релеєм, тангенсів діелектричних та п'єзоелектричних втрат при усталених коливаннях. Запропоновано та

досліджено чотирипараметричну модель електров'язкопружності при нестационарних навантаженнях.

- Запропоновано спосіб аналізу вільних, гармонічних та нестационарних коливань електров'язкопружних неперервно-неоднорідних п'єзоелементів складної форми за допомогою методу скінченних елементів. Ефективність даного підходу апробовано на задачах дослідження електромеханічного стану секціонованих циліндрів.

4. Ступінь обґрунтованості наукових положень та висновків, сформульованих у дисертаційній роботі. Достовірність отриманих результатів забезпечується фізичною обґрунтованістю вхідних математичних моделей і методів, коректністю постановок розглянутих у роботі задач, наявністю практичної збіжності обчислювальних процесів. Проводилося порівняння результатів розв'язання тестових задач з наявними в літературі розв'язками, порівняння розв'язків, отриманих різними чисельними методами, оцінювалася відповідність встановлених закономірностей загальним властивостям поширення електропружних коливань в п'єзоелектричних тілах. Проведене порівняння розв'язків тестових задач підтверджує узгодженість результатів з даними інших авторів та іншими чисельними методами.

5. Теоретичне та практичне значення результатів роботи, впровадження. Значимість роботи з теоретичної точки зору полягає в тому, що запропонована методика дослідження коливних процесів в п'єзоелектричних тілах дозволяє ефективно прогнозувати поведінку однорідних та неоднорідних п'єзоелектричних елементів конструкцій при усталених і нестационарних збуреннях. Врахування дисипативних властивостей матеріалів дає можливість отримання максимально наближених до експериментальних результатів. Викладені підходи до дослідження перехідних режимів роботи неоднорідних електров'язкопружних перетворювачів можуть бути використані при розв'язанні більш складних задач, а також при тестуванні результатів розрахунку за допомогою інших методів.

Практичне значення отриманих наукових результатів полягає в можливості застосування запропонованих в роботі чисельних підходів для моделювання поведінки неоднорідних п'єзокерамічних елементів конструкцій при усталених та нестационарних навантаженнях, а також оптимізації матеріальних і геометричних параметрів та умов навантаження п'єзоелементів. Описані в роботі закономірності коливань п'єзоелементів з неперервно-неоднорідних матеріалів можуть бути безпосереднього використані при проектуванні елементів конструкцій. На основі отриманих розрахункових співвідношень розроблено програмне забезпечення, що дозволяє проводити чисельний аналіз електромеханічних процесів у п'єзокерамічних тілах. Викладені підходи можуть бути використані, зокрема, при проектуванні елементів сучасної акустoeлектроніки, п'єзоелектричних датчиків імпульсного тиску, п'єзорезонаторів, пристроїв збору енергії та інших адаптивних механічних систем з активними елементами з п'єзокераміки.

Впровадження основних результатів дисертаційної роботи виконано у навчальному процесі Київського національного університету будівництва та архітектури та у Державному підприємстві «Київський науково-дослідний інститут гідроапаратури», що підтверджується відповідними актами.

6. Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертаційної роботи доповідались і обговорювались на 15 наукових конференціях, зокрема на Міжнародній науковій конференції «Математичні проблеми технічної механіки» (Дніпропетровськ, Дніпродзержинськ, 2014-2016 р.; Дніпро, Кам'янське, 2021 р.); XIV та XVIII Міжнародній конференції ім. академіка М. Кравчука (Київ, НТУУ «КПІ», 2012, 2017 рр.); II, IV, VI, VIII Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції "Актуальні проблеми інженерної механіки" (Одеса, ОДАБА, 2017, 2019, 2021 рр.), Акустичному симпозиумі «Консонанс-2015» (Київ, Інститут гідромеханіки НАНУ, 2015 р.); International Scientific-Practical Conference of young scientists "Build-Master-Class-2018" (Київ, КНУБА, 2018), International scientific-practical conference "International scientific integration – 2020" (Seattle, Washington, USA, 2020); VI International Scientific and Practical Conference «Transfer of Innovative technologies – 2021» (Київ, КНУБА, 2021 р.); XIX міжнародній науково-технічній конференції "Вібрації в техніці та технологіях" (Київ, КНУБА, 2023р.), Міжнародній науковій конференції «Актуальні проблеми механіки» (Київ, Інститут механіки ім. С. П. Тимошенка, 2023 р.), Міжнародній науковій конференції «Механіка: сучасність і перспективи – 2024» (Київ, Інститут механіки ім. С. П. Тимошенка, 2024 р.).

Результати дисертаційної роботи в повному обсязі доповідались і обговорювались на засіданні кафедри динаміки і міцності машин та опору матеріалів Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", на науковому семінарі кафедри теоретичної та прикладної механіки механіко-математичного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка, науковому семінарі відділу теорії коливань, науковому семінарі секції «Динаміка та стійкість руху механічних систем» та загальноінститутському семінарі Інституту механіки ім. С. П. Тимошенка, і одержали позитивні оцінки.

7. Оцінка змісту дисертації. Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуальної наукової проблеми побудови ефективної чисельної методики дослідження динамічного електромеханічного стану однорідних та неоднорідних п'єзоелектричних елементів конструкції з врахуванням дисипативних властивостей матеріалу.

Побудовано математичні моделі електров'язкопружних композиційних матеріалів багатошарової та неперервно-неоднорідної структури. На базі запропонованих математичних моделей опису коливань п'єзокерамічних елементів канонічних форм розвинуто ефективні чисельні підходи на основі скінченних різниць, варіаційно-сплайнового методу, гамільтонового формалізму, перетворення Лапласа, методу скінченних елементів та ін. Для розв'язання отриманих систем рівнянь використовувалися явна та неявна чисельна схема, метод Ньюмарка, метод дискретної ортогоналізації, метод Рунге-Кутта та ін. За

допомогою розвинутих чисельних підходів досліджуються перехідні процеси в багатошарових та неперервно-неоднорідних поляризованих за товщиною плоских тілах, порожнистих циліндрах та кулях; резонансні коливання циліндрів обмеженої довжини; планарні нестационарні коливання круглих та кільцевих п'єзокерамічних поляризованих за товщиною пластин при електричних та механічних навантаженнях; власні, гармонічні та нестационарні коливання неперервно-неоднорідних тіл в тривимірній постановці.

В першому розділі дисертації проводиться аналіз сучасного стану наукових досліджень в сфері електров'язкопружності. Розглянуто найбільш поширені та актуальні методи і підходи до розв'язання стаціонарних та нестационарних задач електропружності. Проведено огляд робіт, присвячених розв'язанню динамічних задач спряжених полів з врахуванням неоднорідності та дисипативних властивостей матеріалу.

В другому розділі викладено математичні основи методів та підходів до дослідження динамічного стану п'єзоелектриків. Застосовуються класичні математичні моделі, достовірність яких підтверджена розв'язками багатьох практично важливих задач динаміки конструкцій, в'язкопружності, електропружності, електров'язкопружності, гідроелектропружності однорідних і неоднорідних структур.

В третьому розділі для дослідження усталених вісесиметричних коливань однорідних та композитних п'єзоелектричних тіл розвинуто два суттєво різних чисельних підходи на основі варіаційно-сплайнового методу та Гамільтонового формалізму. Для розв'язання отриманих крайових задач використовується метод дискретної ортогоналізації. Проводиться верифікація отриманих розв'язків та аналіз їх результатів. Досліджуються усталені осесиметричні коливання п'єзокерамічних та композитних п'єзоелектричних циліндрів обмеженої довжини з врахуванням дисипативних властивостей матеріалу.

В четвертому розділі дано нові постановки нестационарних задач електров'язкопружності, що враховують неоднорідність матеріалу п'єзоелектрика, його дисипативні властивості та вплив акустичного середовища. Розвинуто та реалізовано узагальнений чисельний метод дослідження пульсуючих коливань тіл плоскої, циліндричної та сферичної форми. Для врахування дисипативних властивостей матеріалу пропонується чотирипараметрична узагальнена модель затухання коливань, що включає в себе модель демпфування за Релеєм, модель Кельвіна-Фойгта, п'єзоелектричні та діелектричні втрати. Для врахування впливу акустичного середовища на коливання п'єзoeлемента рівняння акустики розв'язуються в просторі перетворень Лапласа з послідовним виключенням змінних акустичного поля з граничних умов на поверхні випромінювача.

В п'ятому розділі розвивається підхід до чисельного моделювання п'єзоелектричних неоднорідних перетворювачів складної форми при динамічних навантаженнях з врахуванням дисипативних властивостей матеріалу методом скінченних елементів. Проводиться аналіз статички та динаміки неперервно-неоднорідних п'єзoeлементів в тривимірній постановці. Дисипація енергії

враховується за допомогою комплексних модулів або за допомогою демпфування за Релеєм.

8. Дотримання принципів академічної доброчесності

За результатами науково-технічної експертизи дисертація Григор'євої Людмили Олександрівна визнана оригінальною роботою, яка не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень.

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

За результатами досліджень опубліковано 39 наукових праць, у тому числі:

- один розділ у колективній монографії закордонного видання;
- 22 статті у наукових періодичних виданнях, включених до Переліку наукових фахових видань України (в т.ч. 11 включених до категорії "А");
- 11 статей включено до міжнародних наукометричних баз SCOPUS та/або Web of Science Core Collection;
- 5 статей у виданнях, віднесених до першого — третього квартилів (Q1—Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports;
- одна стаття у науковому періодичному виданні України, не включеному до Переліку наукових фахових видань;
- 15 тез та доповідей на наукових конференціях.

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Григор'єва Л. О., Янчевський І. В. Гармонічні коливання п'єзокерамічних секціонованих функціонально-градієнтних циліндрів з врахуванням дисипації енергії. *Mechanics and Advanced Technologies*. 2024. Т. 8, № 1. С. 98–107. (Кат. «Б». Здобувачка розробила та реалізувала чисельний алгоритм і провела аналіз отриманих результатів).
2. Yanchevskiy I. V., Hryhorieva L. O. Nonstationary Vibrations of a Viscoelastic Functionally Graded Cylinder. *International Applied Mechanics*. 2023. Vol. 59. P. 708–717. (Кат. «А», Scopus, Q4. Здобувачка розробила та реалізувала чисельний алгоритм і провела аналіз отриманих результатів).
3. Григор'єва Л. О., Янчевський І. В. Нестационарні коливання п'єзо-електричних перетворювачів з функціонально-градієнтних матеріалів. *Проблеми обчислювальної механіки і міцності конструкцій*. 2022. № 35. С. 29–41. (Кат. «Б». Здобувачка розробила та реалізувала чисельний алгоритм і провела аналіз отриманих результатів).
4. Grigoryeva L., Ivanenko P., Korbakov O. Generation of energy in console piezoelectric energy harvesters. *Onip materialiv i teoriya snopyud. Strength of Materials and Theory of Structures*. 2022. No. 108. P. 337–348. (Кат. «А», Web of Science, Q4. Здобувачка запропонувала та виконала математичну постановку задачі, а також розробила та реалізувала чисельний алгоритм).
5. Hryhorieva L., Yanchevskiy I. Influence of material functional heterogeneity on non-stationar oscillations of piezoceramic bodies. *Onip materialiv i teoriya snopyud. Strength of Materials and Theory of Structures*. 2022. No. 109. P. 359–368. (Кат.

- «А», Web of Science, Q4. Здобувачка розробила та реалізувала чисельний алгоритм і провела аналіз отриманих результатів).
6. Григор'єва Л. О., Безверхий О. І. Резонансні коливання п'єзокерамічних циліндрів з врахуванням дисипації енергії. *Проблеми обчислювальної механіки та міцності конструкцій*. 2020. № 31. С. 44–54. (Кат. «Б». Здобувачка розробила та реалізувала чисельний алгоритм і провела аналіз отриманих результатів).
 7. Grigoryeva L. O. Transient responses in piezoceramic multilayer actuators taking into account external viscoelastic layer. *Onip materialiv i teoriya sporud - Strength of materials and theory of structures*. 2020. No. 105. P. 255–266. (Кат. «А», Web of Science).
 8. Bezverkhyi O. I., Grigoryeva L. O. Comparative analysis of two methods used for the investigation of harmonic vibrations of piezoceramic cylinders. *Journal of mathematical sciences*. 2019. Vol. 240, no. 2. P. 129–140. (Кат. «А», Scopus, Q3. Здобувачка розробила та реалізувала чисельний алгоритм і провела аналіз отриманих результатів).
 9. Безверхий О. І., Григор'єва Л. О. Підхід до розрахунку гармонічних коливань електропружних циліндрів. *Мікросистеми, електроніка та акустика*. 2018. Т. 23, № 1. С. 39–45. (Кат. «Б». Здобувачка розробила та реалізувала чисельний алгоритм і провела аналіз отриманих результатів).
 10. Grigoryeva L. O. Calculation of Cylindrical Multilayer Electromechanical Transducer at Different Polarization Types in Non-stationary Modes. *Proceedings of Odessa Polytechnic University*. 2018. Vol. 54, no. 1. P. 5–11. (Кат. «Б»)
 11. Григор'єва Л. О. Нестационарні коливання плоского багат шарового п'єзoeлемента з урахуванням пружного підкріплюючого шару і акустичного середовища. *Вісник Запорізького національного університету. Фізико-математичні науки*. 2017. № 1. С. 103–109. (Кат. «Б»)
 12. Безверхий О. І., Григор'єва Л. О. Варіаційно-сплайновий метод в задачах дослідження осесиметричних коливань п'єзокерамічних тіл. *Onip materialiv i teoriya sporud*. 2017. № 98. С. 149–161. (Кат. «А», Web of Science. Здобувачка розробила та реалізувала чисельний алгоритм і провела аналіз отриманих результатів).
 13. Безверхий О. І., Григор'єва Л. О. Електромеханічна чутливість круглих та кільцевих п'єзoeлектричних тонких пластин при механічному збуренні. *Мікросистеми, електроніка та акустика*. 2017. Т. 22, № 5. С. 40–46. (Кат. «Б». Здобувачка розробила та реалізувала чисельний алгоритм і провела аналіз отриманих результатів).
 14. Безверхий О. І., Григор'єва Л. О. Застосування гамільтонового формалізму для дослідження гармонічних коливань п'єзокерамічних циліндрів. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка*. 2017. Т. 38, № 2. С. 23–28. (Кат. «Б». Здобувачка розробила та реалізувала чисельний алгоритм і провела аналіз отриманих результатів).
 15. Bezverkhyi O. I., Grigoryeva L. O., Grigoryev S. A. Resonance radial oscillations of a piezoceramic cylinders and spheres taking into account electromechanical losses // *Вісник Тернопільського національного технічного університету*. 2016.

- Vol. 81, no. 1. P. 41–48. (Кат. «Б». Здобувачка розробила та реалізувала чисельний алгоритм і провела аналіз отриманих результатів)
16. Безверхий О. І., Григор'єва Л. О. Метод дослідження осесиметричних коливань п'єзокерамічних тіл. *Проблеми обчислювальної механіки і міцності конструкцій*. 2015. № 24. С. 5–17. (Кат. «Б». Здобувачка розробила та реалізувала чисельний алгоритм і провела аналіз отриманих результатів).
 17. Григор'єва Л. О., Кириченко А. А., Бабкова Н. О. Визначення електрорушійної сили поляризованої по товщині кільцевої пластини при механічному збуренні. *Опір матеріалів і теорія споруд*. 2014. № 93. С. 47–55. (Кат. «А». Здобувачка виконала математичну постановку задачі, розробила та реалізувала чисельний алгоритм).
 18. Shul'ga N. A., Grigor'eva L. O., Babkova N. O. Electrically Excited Nonstationary Vibrations of Thin Circular Piezoelectric Plates. *International Applied Mechanics*. 2014. Vol. 50, no. 4. P. 406–411. (Кат. «А», Scopus, Q2. Здобувачка розробила та реалізувала чисельний алгоритм і провела аналіз отриманих результатів).
 19. Shul'ga N. A., Grigor'eva L. O., Kirichenko A. A. Nonstationary Electroelastic Vibrations of a Spherical Shell with Impedance Boundary Conditions. *International Applied Mechanics*. 2014. Vol. 50, no. 3. P. 274–280. (Кат. «А», Scopus, Q2. Здобувачка розробила та реалізувала чисельний алгоритм і провела аналіз отриманих результатів).
 20. Shulga M. O., Grigoryeva L. O. Electromechanical unstationary thickness vibrations of piezoceramic transformers at electric excitation, *Mechanical vibrations: types, testing, and analysis*. N.Y, NovaSciences Publishers, 2011. P. 179–204. (Розділ в колективній монографії, Scopus. Здобувачка розробила та реалізувала чисельний алгоритм і провела аналіз отриманих результатів).
 21. Shul'ga N. A., Grigor'eva L. O. Comparative analysis of the electroelastic thickness vibrations of layers with curved boundaries. *International Applied Mechanics*. 2011. Vol. 47, no. 2. P. 177–185. (Кат. «А», Scopus, Q3. Здобувачка розробила та реалізувала чисельний алгоритм і провела аналіз отриманих результатів).
 22. Shul'ga N. A., Grigor'eva L. O., Kornienko V. F. Harmonic thickness vibrations of inhomogeneous elastic layers with curved boundaries. *International Applied Mechanics*. 2011. Vol. 47, no. 1. P. 62–69. (Кат. «А», Scopus, Q3. Здобувачка розробила та реалізувала чисельний алгоритм і провела аналіз отриманих результатів).
 23. Шульга М. О., Григор'єва Л. О. Про коливання пружних шарів з викривленими границями. *Опір матеріалів і теорія споруд*. 2009. № 84. С. 120–126. (Кат. «А». Здобувачка розробила та реалізувала чисельний алгоритм і провела аналіз отриманих результатів).
 24. Шульга Н. А., Григорьева Л. О., Ластивка И. О., Бабкова Н. О. Численный анализ нестационарных колебаний круглых пьезоэлектрических пластин. *Теоретич. и прикладная механика*. 2011. Т. 48, № 2. С. 98–104. (Здобувачка розробила та реалізувала чисельний алгоритм)

Наукові праці за доповідями на міжнародних і вітчизняних конференціях:

25. Григор'єва Л. О. Усталені коливання електров'язкопружного композитного циліндра. *Міжнародна наукова конференція «Механіка: сучасність і перспективи – 2024»*: Матеріали доп., м. Київ, 8–10 жовт. 2024 р. 2024. С. 24–26.
26. Григор'єва Л. О. М'яка та тверда п'єзокераміка в функціонально-градієнтних п'єзокерамічних перетворювачах. *XIX міжнародна науково-технічна конференція «Вібрації в техніці та технологіях»*: Матеріали конф., м. Київ, 23–25 трав. 2023 р. Київ, 2023. С. 30–32.
27. Янчевський І. В., Григор'єва Л. О. Дослідження нестационарних коливань електро-в'язко-пружних функціонально-градієнтних тіл. *Міжнародна наукова конференція «Актуальні проблеми механіки»*, м. Київ. Київ, 2023. С. 123–124.
28. Безверхий О. І., Григор'єва Л. О. Підхід у дослідженнях задач осесиметричних коливань п'єзокерамічних тіл. *Міжнар. наук. конф. «Математичні проблеми технічної механіки – 2021»*: матеріали конф, м. Дніпро, Кам'янське.-Дніпро, 2021. С. 18–19.
29. Григор'єва Л. О. Узагальнений підхід до розрахунку нестационарних коливань багатошарових п'єзокерамічних перетворювачів. *Міжнар. наук. конф. «Математичні проблеми технічної механіки – 2021»*: матеріали конф, м. Дніпро, Кам'янське. Дніпро, 2021. С. 20–21.
30. Grigoryeva L. O. Piezoelectric devices for Energy harvesting in building structures. *VI International Scientific and Practical Conference «Transfer of Innovative technologies – 2021»*: Conference proceedings. Kyiv, 2021. P. 22–24.
31. Grigoryeva L. O. Vibrations of Piezoceramic Multilayer Actuators with Elastic Matching Layers. *International scientific-practical conference «International scientific integration–2020»*: Conference proceedings, 9–10 November 2020. Seattle, Washington, USA. 2020. P. 58–62.
32. Григор'єва Л. О. Резонансні коливання п'єзокерамічних циліндричних перетворювачів з врахуванням втрат енергії. *Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми інженерної механіки»*, м. Одеса. Одеса, 2019. С. 345–348.
33. Grigoryeva L. O. Piezoelectric multilayer actuators in acoustic control devices for building structures. *BMC-2018 : International Scientific-Practical Conference of young scientists "Build-Master-Class-2018"*, Kyiv, November 2018. P. 198–199.
34. Григор'єва Л. О. Поширення нестационарних збурень в багатошаровому п'єзокерамічному циліндрі при електричному навантаженні. *Тези доповідей IV Міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми інженерної механіки»*. Одеса, 2017. С. 185–186.
35. Grigoryeva L. O. Numerical investigation method of vibrations of piezoceramic transformers. *Матеріали XVIII міжнародної наукової конференції ім. академіка Михайла Кравчука, 7–10 жовтня 2017 року, Київ. Т. 1.* Київ, 2017. P. 87–90.
36. Григор'єва Л. О. Застосування варіаційних принципів та сплайн апроксимацій при вивченні товщинних нестационарних коливань п'єзокерамічних тіл. *Міжнар. наук. конф. «Математичні проблеми технічної механіки – 2016»*: матеріали конф, м. Дніпропетровськ; Дніпродзержинськ. Дніпродзержинськ, 2016. С. 48.

37. Безверхий А. И., Григорьева Л. О. Нестационарные электроупругие колебания сферического пьезокерамического преобразователя с импедансными граничными условиями // *Міжнар. наук. конф. «Математичні проблеми технічної механіки – 2015» : матеріали конф*, м. Дніпропетровськ; Дніпродзержинськ. Дніпродзержинськ, 2015.
38. Безверхий О. І., Григор'єва Л. О. Дослідження нестационарних електропружних коливань п'єзокерамічної кулі в акустичному середовищі. *Акустичний симпозиум «Консонанс-2015»*, м. Київ. Київ, 2015. С. 20–25.
39. Григор'єва Л. О. Нестационарні коливання п'єзокерамічних кільцевих пластин при електричних та механічних збуреннях. *Міжнар. наук. конф. «Математичні проблеми технічної механіки – 2014» : матеріали конф.*, м. Дніпропетровськ; Дніпродзержинськ. Дніпродзержинськ, 2014.

Якість та кількість публікацій відповідають “Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук”.

Проведена попередня експертиза роботи дає підстави рецензентам постановити наступне:

ВВАЖАТИ, що дисертаційна робота Григор'євої Людмили Олександрівни **«Чисельне моделювання динамічних процесів у п'єзоелектричних тілах з урахуванням дисипативних властивостей та неоднорідності матеріалу»**, подана на здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук, є кваліфікаційною науковою працею, виконаною здобувачем самостійно, за своїм науковим рівнем та практичною та теоретичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам п.7 та 9 “Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук”, що їх пред'являють до докторських дисертацій, та паспорту спеціальності 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла

РЕКОМЕНДУВАТИ дисертаційну роботу Григор'євої Людмили Олександрівни **«Чисельне моделювання динамічних процесів у п'єзоелектричних тілах з урахуванням дисипативних властивостей та неоднорідності матеріалу»**, подану на здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук, до захисту у спеціалізованій раді Д 26.166.01 за спеціальністю 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла.

Рецензент
академік НАН України,
д.ф.-м.н., проф.



Веніамін КУБЕНКО

Рецензент
д.ф.-м. н., с.н.с.



Віталій КИРИЛЮК

Рецензент
д.ф.-м. н., проф.



Борис КИФОРЕНКО