# Облікова картка дисертації

## I. Загальні відомості

**Державний обліковий номер:** 0824U003646

**Особливі позначки:** відкрита

**Дата реєстрації:** 19-12-2024

**Статус:** Захищена

**Реквізити наказу МОН / наказу закладу:**

## II. Відомості про здобувача

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Караєв Артем Олександрович

2. Artem Karaev

**Кваліфікація:**

**Ідентифікатор ORCID ID:** Не застосовується

**Вид дисертації:** доктор філософії

**Аспірантура/Докторантура:** так

**Шифр наукової спеціальності:** 105

**Назва наукової спеціальності:** Прикладна фізика та наноматеріали

**Галузь / галузі знань:**

**Освітньо-наукова програма зі спеціальності:** Прикладна фізика та наноматеріали

**Дата захисту:** 21-07-2023

**Спеціальність за освітою:** Прикладна фізика та наноматеріали

**Місце роботи здобувача:** Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

**Код за ЄДРПОУ:** 02071205

**Місцезнаходження:** майдан Свободи, буд. 4, Харків, Харківський р-н., 61022, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

## III. Відомості про організацію, де відбувся захист

**Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради):** PhD 1707

**Повне найменування юридичної особи:** Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

**Код за ЄДРПОУ:** 02071205

**Місцезнаходження:** майдан Свободи, буд. 4, Харків, Харківський р-н., 61022, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

## IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

**Повне найменування юридичної особи:** Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

**Код за ЄДРПОУ:** 02071205

**Місцезнаходження:** майдан Свободи, буд. 4, Харків, Харківський р-н., 61022, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

## V. Відомості про дисертацію

**Мова дисертації:** Українська

**Коди тематичних рубрик:** 29.19, 29.01, 30.19.15

**Тема дисертації:**

1. Ефективні методи аналізу аксіально-симетричних крайових задач теорії потенціалу та теорії пружності

2. Advanced analysis methods of axisymmetric boundary value problems of potential theory and elastostatics

**Реферат/анотація:**

1. В дисертаційній роботі розв'язано важливу науково-технічну проблему, яка полягає в розробленні сучасного ефективного обчислювального методу для аналізу практично важливих крайових задач теорії потенціалу та теорії пружності з урахуванням аксіальної симетрії. Сформульовано неперервні та дискретні математичні моделі для проведення розрахунків фізичних полів в задачах визначення вібрацій вільної поверхні в оболонках обертання, розв’язання крайових задач електродинаміки, теорії пружності в аксіально-симетричному формулюванні. Побудовано коректні та точні алгоритми числового моделювання задач прикладної фізики у напрямках гідродинаміки, електродинаміки та теорії пружності. Створено математичний апарат для коректного обчислення сингулярних інтегралів матриць теорії потенціалу та теорії пружності (задач з еліптичним диференціальним оператором); Побудовані математичні моделі для дослідження вільних коливань рідини в жорстких резервуарах за різні рівні заповнення, різні рівні гравітаційного поля, у тому числі при малих рівнях гравітації; Удосконалено метод сингулярних елементів для розв’язання задач визначення динамічних характеристик складених оболонок, частково заповнених

рідиною. Розроблено нову математичну модель для вивчення гравітаційно-капілярних хвиль. Розроблено математичну модель просторового репрезентативного елементу для вивчення осереднених механічних властивостей композитів та нанокомпозитів, з врахуванням класичних та некласичних умов на поверхнях взаємодії матеріалів матриці та включення на основі методу граничних елементів. Проведено числове дослідження задачі електростатики. Досліджені коливання рідини в коаксіальних та тороїдальних оболонках, частково заповнених рідиною. Метод граничних елементів поширений на задачі про плескання в круглих тороїдальних і коаксіальних циліндричних оболонках. Відмінною рисою таких оболонок обертання є кільцева форма їх вільних поверхонь. Розроблений метод дозволяє проводити чисельне моделювання вільних коливань рідини як для різної ширини кільця, так і для різних рівнів наповнення. Отримано аналітичний розв'язок коливань вільної рідини в коаксіальних циліндричних оболонках. Особливу увагу приділено граничному випадку нескінченно малої щілини. Запропоновані математичні методи використано для аналізу та вирішення задач власних коливань палива у резервуарах з рідиною з наявною аксіальною симетрією у полі сили тяжіння із впливом капілярних ефектів. Це дозволило створити основи комп'ютерної технології для дослідження динамічних характеристик складених паливних баків ракет-носіїв на різних стадіях польоту, як при значних перевантаженнях, так і при мікрогравітації, в тому числі, з урахуванням плескання палива. Порівняно з відомими аналогами та програмними комплексами запропонований метод дозволяє здійснювати більш точний динамічний аналіз паливних баків, при дослідженні коливань врахувати взаємний вплив деформацій пружних стінок баків та змінних під час місії форми вільної поверхні, рівня заповнення баків пального та рівня гравітації. Одержані в дисертації результати можуть бути використані під час проектування елементів ракетно-технічної техніки, при відстроюванні елементів конструкцій, що містять рідину, від небажаних резонансних частот. Результати дисертаційного дослідження, а саме теоретичний матеріал та розроблені методи та алгоритми були впроваджені у навчальний процес кафедри інформаційних технологій в фізико-енергетичних системах навчально-наукового інституту комп'ютерної фізики та енергетики Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна при проведенні лекційних, лабораторних та практичних занять з курсів «Методи скінченних та граничних елементів» для студентів 1 курсу магістратури спеціальності 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали» Ряд результатів та рекомендацій прикладних досліджень дисертаційній роботі використано в Інституті проблем машинобудування ім. А. Підгорного при виконанні спільного українсько-індійського проекту «Сучасні обчислювальні методи для аналізу плескань в паливних», договору про співпрацю між Вессекським технологічним інститутом, та в рамках гранту УНТЦ «Об'єктно-орієнтовані розрахункові моделі і програми для прогнозування пружних та фононних властивостей тривимірних нанокомпозитів і метаматеріалів».

2. In the dissertation work, an important scientific and technical problem is solved, which consists in the development of a modern effective computational method for the analysis of practically important boundary value problems of the potential theory and the theory of elasticity, taking into account axial symmetry. Continuous and discrete mathematical models have been formulated for calculating physical fields in problems of determining vibrations of a free surface in shells of rotation, solving boundary value problems of electrodynamics, and the theory of elasticity in an axially symmetric formulation. Correct and accurate algorithms for numerical modelling of applied physics problems in the directions of hydrodynamics, electrodynamics, and elasticity theory have been built. A mathematical apparatus was created for the correct calculation of the singular integrals in the matrices of the theory potential and the theory of elasticity (problems with an elliptic differential operator); Mathematical models have been built for the study of free fluid oscillations in rigid tanks at different levels of filling, different levels of the gravitational field, including the low levels of gravity. The method of singular elements for solving the problems of determining the dynamic characteristics of composite fluid-filled shells partially has been improved. A new mathematical model for the study of gravity-capillary waves has been developed. A mathematical model of a spatial representative element has been developed to study the averaged mechanical properties of composites and nanocomposites, taking into account classical and non-classical conditions on the interaction surfaces of matrix materials and inclusions based on the boundary element method. A numerical study of the problem of electrostatics was carried out. Fluid oscillations in coaxial and toroidal shells partially filled with liquid have been

studied. The method of boundary elements is extended to the problem of splashing in circular toroidal and coaxial cylindrical shells. A distinctive feature of such shells of rotation is the annular shape of their free surfaces. The developed method allows numerical modelling of free fluid oscillations both for different widths of the ring and for different levels of filling. An analytical solution of free fluid oscillations in coaxial cylindrical shells was obtained. Special attention is paid to the limiting case of an infinitesimal gap. The proposed mathematical methods were used to analyse and solve the problems of self-oscillations of fuel in liquid tanks with existing axial symmetry in the gravity field under the influence of capillary effects. This made it possible to create the foundations of computer technology for the analysis of free and impulsive blasts of storage tanks of launch vehicles at various stages of mission: during re-entry and in the minds of microgravity, including, with the improvement of splashing fire. Paired with similar analogues and software systems for proponing, the method allows for more accurate analysis of the pouring of storm tanks, reversing the mutual inflow of spring deformations of the walls of the tanks and the replacement of the tanks. The results of the dissertation research, namely the theoretical material and the developed methods and algorithms, were implemented in the educational process of the Department of Information Technologies in Physical and Energy Systems of the Educational and Scientific Institute of Computer Physics and Energy of V. N. Karazin Kharkiv National University during lectures, laboratory and practical lessons from the courses "Finite and boundary element methods" for students of the 1st year of the master's degree in specialty 105 - "Applied physics and nanomaterials". A number of results and recommendations of applied research were used in the dissertation work at the Institute of Mechanical Engineering Problems named after A. Pidgorny during the implementation of the joint Ukrainian-Indian project "Modern computational methods for the analysis of splashes in fuels", the cooperation agreement between the Wessex Institute of Technology, and within the framework of the grant of the National Technical University of Ukraine "Object-oriented calculation models and programs for predicting elastic and phonon properties threedimensional nanocomposites and metamaterials".

### Державний реєстраційний номер ДіР:

**Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки:** Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави

**Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності:** Не застосовується

**Підсумки дослідження:** Теоретичне узагальнення і вирішення важливої наукової проблеми

### Публікації:

- V. Gnitko, K. Degtyariov, A. Karaiev, E. Strelnikova. Multi-domain boundary element method for axisymmetric problems in potential theory and linear isotropic elasticity. WIT Transactions on Engineering Sciences. 2019/1/30; 122: 13- 25. (Scopus, United Kingdom, Q4)
- V. Gnitko, K. Degtyariov, A. Karaiev, E. Strelnikova. Singular boundary method in a free vibration analysis of compound liquid-filled shells. WIT Transactions on Engineering Sciences. 2019/9/13; 126: 189-200. (Scopus, United Kingdom,Q4)
- Artem Karaiev, Elena Strelnikova. Singular integrals in axisymmetric problems of elastostatics. International Journal of Modeling, Simulation, and Scientific Computing. 2020/2/20; 11(01): 2050003. (Scopus, Singapore, Q3)
- Artem Karaiev, Elena Strelnikova. Liquid Sloshing in Circular Toroidal and Coaxial Cylindrical Shells. Advances in Design, Simulation and Manufacturing III. DSMIE 2020. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-50491-5_1: 3-13. (Scopus, Germany, Q4)
- Vasyl I Gnitko, Artem O Karaiev, Maria L Myronenko, Elena A Strelnikova. BEM analysis of gravitational–capillarity waves on free surfaces of compound shells of revolution. International Journal of Computational Methods and Experimental Measurements. 2021/3/4; 9(1): 38-50. (Scopus, United Kingdom,

Q4)

- Artem Karaiev, Elena Strelnikova. Axisymmetric polyharmonic spline approximation in the dual reciprocity method. ZAMM□Journal of Applied Mathematics and Mechanics/Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Mechanik. 2021/4; 101(4): e201800339. (Scopus, Germany, Q2)
- Vasyl I Gnitko, Artem O Karaiev, Neelam Choudhary, Elena A Strelnikova. Boundary element method analysis of boundary value problems with periodic boundary conditions. WIT Transactions on Engineering Sciences. 2021/8/24; 131: 31-44. (Scopus, United Kingdom, Q4)
- Vasyl I Gnitko, Artem O Karaiev, Kyryl G Degtyariov, Ivan A Vierushkin, Elena A Strelnikova. Singular and hypersingular integral equations in fluid–structure interaction analysis. WIT Transactions on Engineering Sciences. 2022/7/25; 134: 67-79. (Scopus, United Kingdom, Q4)
- Караєв А.О., Стрельнікова О.О. Аксіально-симетричні полігармонічні сплайни в задачах теорії потенціалу // Фізико-технічні проблеми енергетики та шляхи їх вирішення 2019 (ФТПЕШВ-2019) : матеріали Міжнародної науковотехнічної конференції, 19 черв. 2019 р., Харків, 2019. С. 24.
- Artem Karaiev and Elena Strelnikova. Liquid Sloshing in Circular Toroidal and Coaxial Cylindrical Shells // 3 rd International Conference on Design, Simulation, Manufacturing: The Innovation Exchange (DSMIE-2020), June 9-12, 2020. Kharkiv, Ukraine. P.114.
- Elena Sierikova, Elena Strelnikova, Denys Kriutchenko, Artem Karaiev. Coupled boundary and finite element method for stability analysis of launch vehicle // 3rd International Black Sea Modern Scientific Research Congress, March 23-24, 2023 - Samsun, Turkiye. P. 228.

**Наукова (науково-технічна) продукція:**

**Соціально-економічна спрямованість:**

**Охоронні документи на ОПІВ:**

**Впровадження результатів дисертації:** Впроваджено

**Зв'язок з науковими темами:** 0122U001482

## VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

### Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Стрельнікова Олена Олександрівна
2. Elena Strelnikova

**Кваліфікація:** д. т. н., 01.02.04

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0003-0707-7214

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

**Код за ЄДРПОУ:** 02071205

**Місцезнаходження:** майдан Свободи, буд. 4, Харків, Харківський р-н., 61022, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Нємченко Костянтин Едуардович

2. Konstantin Nemchenko

**Кваліфікація:** д. ф.-м. н., професор, 01.04.02

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-0734-942X

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

**Код за ЄДРПОУ:** 02071205

**Місцезнаходження:** майдан Свободи, буд. 4, Харків, Харківський р-н., 61022, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

## VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

**Офіційні опоненти**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Сметанкіна Наталя Володимирівна

2. Natalia Smetankina

**Кваліфікація:** д. т. н., старший науковий співробітник, 01.02.04

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0001-9528-3741

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут енергетичних машин і систем ім. А. М. Підгорного Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 03534570

**Місцезнаходження:** вул. Комунальників, буд. 2/10, Харків, Харківський р-н., 61046, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Сидоров Максим Вікторович

2. Maxim Sidorov

**Кваліфікація:** д. ф.-м. н., професор, 01.05.02

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0001-8022-866X

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Харківський національний університет радіоелектроніки

**Код за ЄДРПОУ:** 02071197

**Місцезнаходження:** проспект Науки, буд. 14, Харків, Харківський р-н., 61166, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Іваницький Ярослав Лаврентійович

2. Yaroslav Ivanytskyi

**Кваліфікація:** д. т. н., професор, 01.02.04

**Ідентифікатор ORCID ID:** Не застосовується

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 03534506

**Місцезнаходження:** вул. Наукова, буд. 5, Львів, 79060, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

**Рецензенти**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Хардіков Вячеслав Володимирович

2. Vyacheslav Khardikov

**Кваліфікація:** к. ф.-м. н., доц., 01.04.03

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0003-0339-7616

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

**Код за ЄДРПОУ:** 02071205

**Місцезнаходження:** майдан Свободи, буд. 4, Харків, Харківський р-н., 61022, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

## VIII. Заключні відомості

| | |
|---|---|
| **Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради** | Кокодій Микола Григорович |
| **Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні** | Кокодій Микола Григорович |
| **Відповідальний за підготовку облікових документів** | Шевченко Андрій Олександрович |
| **Реєстратор** | УкрІНТЕІ |
| **Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності** | Юрченко Тетяна Анатоліївна |