

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0824U001317

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 21-03-2024

Статус: Запланована

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Козуб Владислав Юрійович

2. Vladyslav Y. Kozub

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 122

Назва наукової спеціальності: Комп'ютерні науки

Галузь / галузі знань: інформаційні технології

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: 122 Комп'ютерні науки

Дата захисту: 25-12-2023

Спеціальність за освітою: Інженерія програмного забезпечення

Місце роботи здобувача: Державний заклад "Луганський національний університет імені Тараса Шевченка"

Код за ЄДРПОУ: 02125131

Місцезнаходження: вул. Генерала Ляскіна, 2, Лубни, Лубенський р-н., 37500, 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): ДФ 17.051.074

Повне найменування юридичної особи: Запорізький національний університет

Код за ЄДРПОУ: 02125243

Місцезнаходження: вул. Жуковського, буд. 66, Запоріжжя, Запорізький р-н., 69600, 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: Запорізький національний університет

Код за ЄДРПОУ: 02125243

Місцезнаходження: вул. Жуковського, буд. 66, Запоріжжя, Запорізький р-н., 69600, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 20.54.06

Тема дисертації:

1. Скінченно-елементний аналіз з використанням паралельних технологій
2. Finite element analysis using parallel technologies

Реферат:

1. У вступі обґрунтовано вибір теми дисертаційної роботи, сформульовано мету, завдання, об'єкт, предмет дослідження, розкрито наукову новизну та практичну значущість отриманих результатів. Наведено дані щодо апробації результатів дослідження та їх висвітлення у наукових публікаціях. У першому розділі проаналізовано сучасний стан досліджень за тематикою роботи. Зроблено огляд публікацій, проаналізовано методи паралельного програмування при моделюванні та прогнозування у задачах механіки твердого тіла. При застосуванні методу скінченних елементів процес розв'язування задачі складається з наступних етапів: формування вихідних даних; формування і розв'язування системи рівнянь; процедура виведення результатів. Для підвищення продуктивності паралелізації методу скінченних елементів використовуються різні підходи: використання модифікованих алгоритмів систем рівнянь, застосування декомпозиції розрахункової області. В кожному випадку виникає необхідність забезпечення додаткових граничних умов збіжності методу. У більшості існуючих пакетів прикладних програм методу скінченних елементів розрахунок проводиться за традиційною послідовною схемою. Паралелізація обчислювальних процесів для вже існуючої архітектури

програмного забезпечення потребує розробки алгоритмів використання паралельних обчислень на етапі формування систем розв'язувальних рівнянь. У другому розділі розглянуто особливості побудови розв'язувальних рівнянь, що описують процеси деформування під дією силових та теплових навантажень. На основі співвідношень тривимірної теорії пружності та термопружності ізотропних та анізотропних тіл побудовано матриці жорсткості та теплопровідності скінченного елемента. Розроблена методика є універсальною і має ряд особливостей, а саме: незалежність порядку розв'язувальних рівнянь від структури шаруватих тіл; можливість завдання значень відповідних теплофізичних характеристик ізотропних або анізотропних шарів шаруватих тіл; можливість використання тривимірних скінченних елементів при моделюванні фізико-механічних процесів, що відбуваються в конструкціях довільної геометричної форми за реальних умов експлуатації. Застосування запропонованої методики дозволяє вирішувати задачі термомеханіки конструкцій у тривимірній постановці. У третьому розділі розроблено підхід до використання паралельних обчислень в методі скінченних елементів в рамках підсистем пакету прикладних програм "МІРЕЛА+". Запропоновано методику паралелізації обчислення компонентів матриць систем розв'язувальних рівнянь скінченного елемента. Розроблено і реалізовано алгоритм паралельного обчислення матриці жорсткості скінченного елемента для задач пружного деформування конструкцій, а також процедуру обчислення параметрів напруженого стану за результатами скінченно-елементного розв'язку. Розроблено алгоритми розв'язку нелінійних задач механіки та задачі термопружності з використанням паралельних обчислень. У четвертому розділі наведено розв'язки практичних задач пружності та термопружності. Розглянуто рішення для шаруватих конструкцій з анізотропними шарами. Для розв'язку зв'язаної задачі термопружності шаруватої анізотропної конструкції отримані співвідношення для визначення теплофізичних параметрів шарів. Обчислено напружено-деформований стан конструкцій за традиційною схемою та з використанням паралельних обчислень. Досліджено вплив використання паралельних технологій на продуктивність скінченно-елементного розв'язування задач механіки. У висновках наведено наукову новизну роботи, її практичну значущість і перспективи подальшого розвитку. У дисертаційній роботі отримано такі наукові результати: вперше розроблено алгоритми паралельних обчислень матриць жорсткості скінченних елементів на основі моментної схеми скінченних елементів для задач пружності; вперше розроблено паралельні алгоритми обчислення матриць теплопровідності для розв'язання задач теплопровідності; отримали подальший розвиток алгоритми паралельних обчислень у застосуванні до розв'язування лінійних та нелінійних задач; вперше розроблено застосунок з використанням алгоритмів паралельних обчислень в рамках пакету прикладних програм "МІРЕЛА+" для розв'язання задач термопружності конструкцій. Програмну реалізацію наведеної методики розв'язування задач написано мовою програмування Fortran 2018 на основі Intel Fortran Compiler з використанням бібліотеки паралельного програмування в системах зі спільною пам'яттю OpenMP.

2. The introduction substantiates the choice of the topic of the dissertation, formulates the goal, task, object, subject of research, reveals the scientific novelty and practical significance of the obtained results. Data on the approval of research results and their coverage in scientific publications are given. The first chapter analyzes the current state of research on the topic of the work. A review of publications was made, parallel programming methods for modeling and forecasting in problems of solid mechanics were analyzed. When applying the method of finite elements, the process of solving the problem consists of the following stages: formation of initial data; forming and solving a system of equations; procedure for outputting results. Various approaches are used to increase the performance of the finite element method parallelization: the use of modified algorithms of systems of equations, the use of decomposition of the computational domain. In each case, there is a need to provide additional boundary conditions for the convergence of the method. In most of the existing packages of application programs of the finite element method, the calculation is carried out according to the traditional sequential scheme. Parallelization of computing processes for already existing software architecture requires the development of algorithms for the use of parallel computing at the stage of forming systems of solving equations. In the second chapter, the peculiarities of the construction of solving equations describing the processes of deformation under the action of power and thermal loads are considered. Based on the relations of the three-

dimensional theory of elasticity and thermoelasticity of isotropic and anisotropic bodies, matrices of stiffness and thermal conductivity of the finite element were constructed. The developed technique is universal and has a number of features, namely: independence of the order of solving equations from the structure of layered bodies; the possibility of setting the values of the corresponding thermophysical characteristics of isotropic or anisotropic layers of layered bodies; the possibility of using three-dimensional finite elements in the modeling of physical and mechanical processes occurring in structures of arbitrary geometric shape under real operating conditions. The application of the proposed method allows solving problems of thermomechanics of structures in a three-dimensional setting. In the third section, an approach to the use of parallel calculations in the finite element method within the subsystems of the "MIRELA+" application program package was developed. A method of parallelization of the calculation of matrix components of systems of finite element solving equations is proposed. An algorithm for the parallel calculation of the finite element stiffness matrix for the problems of elastic deformation of structures, as well as the procedure for calculating the parameters of the stress state based on the results of the finite element solution, was developed and implemented. Algorithms for solving nonlinear problems of mechanics and problems of thermoelasticity using parallel calculations have been developed. The solutions of practical problems of elasticity and thermoelasticity are given in the fourth chapter. The solution for layered structures with anisotropic layers is considered. To solve the related problem of thermoelasticity of a layered anisotropic structure, the relations for determining the thermophysical parameters of the layers are obtained. The stress-strain state of structures was calculated according to the traditional scheme and using parallel calculations. The influence of the use of parallel technologies on the performance of finite element solving of mechanics problems was studied. The scientific novelty of the work, its practical significance and prospects for further development are given in the conclusions. The following scientific results were obtained in the dissertation work: for the first time, algorithms for parallel calculations of stiffness matrices of finite elements based on the moment scheme of finite elements for problems of elasticity were developed; for the first time, parallel algorithms for calculating thermal conductivity matrices for solving thermal conductivity problems were developed; algorithms of parallel calculations were further developed when applied to solving linear and nonlinear problems; for the first time, an application using parallel computing algorithms was developed as part of the "MIRELA+" application program package for solving problems of thermal elasticity of structures. The software implementation of the given problem-solving technique is written in the Fortran 2018 programming language based on the Intel Fortran Compiler using the parallel programming library in OpenMP shared memory systems.

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:

- Гоменюк С. І., Козуб В. Ю. Алгоритм паралельних обчислень у методі скінченних елементів. *Computer Science and Applied Mathematics*. 2022. № 2. С. 66 – 71. DOI: 10.26661/2786-6254-2022-2-08.
- Гоменюк С. І., Козуб В. Ю. Особливості використання паралельних обчислень в пакеті прикладних програм "MIRELA+". *Вісник Хмельницького національного університету*. Серія: Технічні науки. 2022. № 6. Т. 2. С. 60 – 64. DOI: 10.31891/2307-5732-2022-315-6(2)-60-64.
- Гоменюк С. І., Козуб В. Ю. Паралельна реалізація методу скінченних елементів для задачі термопружності. *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*. 2022. №5 (275). С. 5 – 9. DOI: 10.33216/1998-7927-2019-256-8-5-9.

Наукова (науково-технічна) продукція:

Соціально-економічна спрямованість:

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами:

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Гоменюк Сергій Іванович

2. Serhiy I. Homenyuk

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.13.12

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-7340-5947

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Запорізький національний університет

Код за ЄДРПОУ: 02125243

Місцезнаходження: вул. Жуковського, буд. 66, Запоріжжя, Запорізький р-н., 69600, 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. Субботін Сергій Олександрович

2. Sergiy O. Subbotin

Кваліфікація: д.т.н., професор, 05.13.23

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-5814-8268

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Запорізька політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02070849

Місцезнаходження: вул. Жуковського, буд. 64, Запоріжжя, Запорізький р-н., 69063, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Астіоненко Ігор Олександрович
2. Igor O. Astionenko

Кваліфікація: к. ф.-м. н., доц., 01.05.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-5831-6353

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Херсонський національний технічний університет

Код за ЄДРПОУ: 05480298

Місцезнаходження: Бериславське шосе, буд. 24, Херсон, 73008, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Кудін Олексій Володимирович
2. Oleksii V. Kudin

Кваліфікація: к. ф.-м. н., доц., 01.05.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-5917-9127

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Запорізький національний університет

Код за ЄДРПОУ: 02125243

Місцезнаходження: вул. Жуковського, буд. 66, Запоріжжя, Запорізький р-н., 69600, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Лимаренко Юлія Олексіївна
2. Yuliya O. Lymarenko

Кваліфікація: к. т. н., доц., 01.02.04

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-1643-6939

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Запорізький національний університет

Код за ЄДРПОУ: 02125243

Місцезнаходження: вул. Жуковського, буд. 66, Запоріжжя, Запорізький р-н., 69600, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
голови ради**

Гребенюк Сергій Миколайович

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
головуючого на засіданні**

Гребенюк Сергій Миколайович

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Дребезов Денис Олегович

Реєстратор

УкрІНТЕІ

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є
відповідальним за реєстрацію наукової
діяльності**



Юрченко Тетяна Анатоліївна