

ІНСТИТУТ ПРИКЛАДНИХ ПРОБЛЕМ МЕХАНІКИ І МАТЕМАТИКИ
ІМ. Я.С. ПІДСТРИГАЧА НАН УКРАЇНИ

Відділ обчислювальної механіки деформівних систем
Відділ моделювання композитних структур і складних систем
Лабораторія моделювання та оптимізації складних систем

«ЗАТВЕРДЖУЮ»



Директор ІППМ ім. Я. С. Підстригача
НАН УКРАЇНИ, академік НАН України

Роман КУШНІР

Протокол від «29» серпня 2024 року № 9

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

СУЧАСНІ ОБЧИСЛЮВАЛЬНІ МЕТОДИ МАТЕМАТИКИ І МЕХАНІКИ

/код і назва навчальної дисципліни/

III рівень, доктор філософії

/рівень вищої освіти/

галузь знань 11 Математика та статистика
/шифр і назва/
спеціальність 113 Прикладна математика
/шифр і назва /
вид дисципліни обов'язкова
(обов'язкова / за вибором)
мова викладання українська

Львів – 2024 рік

Робоча програма з навчальної дисципліни «Сучасні обчислювальні методи математики і механіки» для здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії.

Розробники:

Гол. н. с., д. ф.-м. н., проф.

В.о. зав. відділом, д. ф.-м. н., ст. н. с.

Зав. лабораторією, д. ф.-м. н., ст. н. с.

Віктор МИХАСЬКІВ

Валерій МАТУС

Михайло ЯДЖАК

“ 24 ” 06 2024 р.

1. Структура навчальної дисципліни

Найменування показників	Всього годин
Кількість кредитів/год.	4
Усього годин аудиторної роботи, у т.ч.:	60
• лекційні заняття, год.	30
• семінарські заняття, год.	30
• практичні заняття, год.	-
• лабораторні заняття, год.	-
Усього годин самостійної роботи, у т.ч.:	60
Екзамен	

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

2.1. Мета вивчення навчальної дисципліни

Метою вивчення дисципліни є формування у молодих науковців системних знань та навичок використання сучасних аналітично-чисельних методів граничних інтегральних рівнянь та нульового поля, методів організації паралельних обчислень при математичному та комп'ютерному моделюванні властивостей багатокомпонентних пружних композитних структур.

2.2. Завдання навчальної дисципліни

В результаті вивчення дисципліни аспірант повинен оволодіти такими знаннями та навиками:

- 1) ефективно застосовувати методи граничних інтегральних рівнянь та нульового поля при математичному моделюванні статичних та хвильових процесів у пружних композитах;
- 2) уміти залучати ці методи та відповідні гомогенізаційні процедури для визначення ефективних параметрів композитних середовищ;
- 3) ефективно використовувати методи паралельних обчислень при комп'ютерній реалізації числових алгоритмів;
- 4) порівнювати способи опрацювання інформації в паралельних обчислювальних системах різної архітектури;
- 5) створювати на основі вище згаданого математичного інструментарію сучасне комп'ютерно орієнтоване програмне забезпечення;
- 6) проводити обчислювальні експерименти та аналізувати їх результати.

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у аспірантів компетентностей:

загальних:

- 1) знання сучасних методів проведення досліджень в галузі математичного, числового та комп'ютерного моделювання властивостей композитних структур;
- 2) критичний аналіз, оцінка і синтез нових та складних ідей;
- 3) уміння ефективно спілкуватися з широкою науковою спільнотою та громадськістю в питаннях прикладної математики;
- 4) наполегливість у досягненні мети;

- 5) здатність саморозвиватися і самовдосконалюватися протягом життя, відповідальність за навчання інших;
- 6) соціальна відповідальність за результати прийняття стратегічних рішень;
- 7) ініціювання оригінальних дослідницько-інноваційних комплексних проєктів;
- 8) лідерство та здатність як до автономної, так і до командної роботи під час реалізації проєктів.

фахових:

- 1) знання про тенденції розвитку і найбільш важливі нові розробки в галузі математичного, числового та комп'ютерного моделювання властивостей композитних структур, а також суміжних областей;
- 2) знання і розуміння сучасних наукових теорій і методів, вміння їх ефективно застосовувати для синтезу та аналізу складних процесів, систем та явищ;
- 3) знання про тенденції розвитку і найважливіші нові розробки в галузі математичного та комп'ютерного моделювання складних процесів, систем та явищ;
- 4) здатність ефективно застосовувати аналітичні методи аналізу та математичного моделювання складних процесів та систем, виконувати комп'ютерні експерименти при проведенні наукових досліджень;
- 5) здатність інтегрувати знання з інших дисциплін, застосовувати системний підхід та враховувати нетехнічні аспекти при розв'язанні науково-прикладних задач і виконанні досліджень;
- 6) здатність розробляти та реалізовувати проєкти, включаючи власні дослідження, які дають можливість переосмислювати наявні чи створювати нові знання, а також розв'язувати складні задачі в галузі математичного, числового та комп'ютерного моделювання.

Результати навчання даної дисципліни деталізують такі **програмні результати навчання:**

- знання та розуміння наукових й математичних принципів, що лежать в основі математичного моделювання властивостей композитних структур, систем та явищ;
- здатність застосовувати методи граничних інтегральних рівнянь та нульового поля при розв'язуванні крайових задач математичної фізики;
- вміння ефективно використовувати методи паралельних обчислень при реалізації числових алгоритмів на сучасних комп'ютерах;
- здатність обрати раціональний метод знаходження розв'язків і побудови алгоритмів розв'язання сформульованих задач, а також розробити відповідне програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання;
- здатність продемонструвати поглиблені знання у вибраній спеціалізації;
- здатність продемонструвати розуміння впливу технічних рішень в суспільному, економічному і соціальному контексті;
- здійснювати пошук, аналізувати і критично оцінювати інформацію з різних джерел;
- вміння провести обчислювальний експеримент та проаналізувати його результати;
- самостійно планувати й виконувати дослідження, а також оцінювати отримані результати;

- застосовувати інформаційно-комунікаційні технології та навички програмування для розв'язання задач математичного та комп'ютерного моделювання складних процесів, систем та явищ;
- ефективно працювати як індивідуально, так і у складі команди;
- поєднувати теорію і практику, а також приймати рішення та виробляти стратегію діяльності для вирішення завдань спеціалізації з урахуванням загальнолюдських цінностей, суспільних, державних та виробничих інтересів;
- самостійно виконувати наукові дослідження та застосовувати дослідницькі навички за професійною тематикою;
- застосовувати системний підхід, інтегруючи знання з інших дисциплін та враховуючи нетехнічні аспекти, під час розв'язання задач обраної спеціалізації та проведення досліджень;
- самостійно змодельовати систему або явище та їх елементи з урахуванням усіх аспектів поставленої задачі;
- аргументувати вибір методів розв'язування спеціалізованої задачі, критично оцінювати отримані результати та захищати прийняті рішення.

3. Опис навчальної дисципліни

3.1. Лекційні заняття

№ п/п	Найменування тем	Кількість годин
1.	Місце і значення обчислювальних методів в задачах прикладної математики і механіки. Класифікація, переваги і недоліки обчислювальних методів, базованих на просторових і межових дискретизаціях.	2
2.	Формулювання і алгоритми непрямого методу граничних елементів. Основи прямого методу граничних елементів.	2
3.	Специфіка комп'ютерного моделювання статичних властивостей гетерогенних (комполітичних) структур. Концепції об'ємного репрезентативного елемента і гомогенізації.	2
4.	Комп'ютерні моделі багатокомпонентних комполітичних середовищ з малою концентрацією наповнювачів. Самоузгоджувальні схеми для прогнозування їх цілісних властивостей.	2
5.	Диференціальні схеми для визначення ефективних параметрів комполітичних структур.	2
6.	Формулювання і алгоритми методу нульового поля у хвильових задачах математичної фізики. Числова схема методу Т-матриць.	2
7.	Метод нульового поля у задачах розсіяння хвиль тонкими об'єктами.	2
8.	Застосування методу нульового поля при розрахунку ефективних динамічних параметрів матричних комполітиків.	2
9.	Вступ до паралельних обчислень. Паралелізм і конвеєризація.	2
10.	Засоби та способи реалізації паралельних обчислень.	2
11.	Паралельні обчислювальні системи. Деякі нетрадиційні підходи до побудови паралельних систем.	2

12.	Класифікація паралельних систем та оцінювання паралельних обчислень.	2
13.	Деякі методи синтезу паралельних алгоритмів.	2
14.	Розпаралелювання ациклічних та циклічних ділянок програм або алгоритмів. Проблема конвеєризації обчислень.	2
15.	Систолічні алгоритми обчислень та їх оцінювання.	2
	Усього годин	30

3.2. Семінарські заняття

№ п/п	Найменування тем	Кількість годин
1.	Гранично-інтегральні формулювання статичних задач для пружних тіл із множинними об'ємними та тонкими неоднорідностями. Використання прямого та непрямого методів побудови граничних інтегральних рівнянь. Застосування методу регуляризації Канторовича для обчислення гіперсингулярних інтегралів. Обчислення сингулярних інтегралів із залученням квадратурних формул. Визначення напружень у пружному тілі за допомогою різних типів межових дискретизацій підінтегральних функцій.	8
2.	Розрахунок усереднених статичних параметрів гетерогенних (композитних) структур із застосуванням концепції об'ємного репрезентативного елемента, методів гомогенізації, самоузгоджувальних схем.	2
3.	Постановка та кваліфікація хвильових задач математичної фізики. Визначення основних параметрів хвильових процесів (хвильових чисел, швидкостей, параметрів дисперсивних та дисипативних хвиль. Застосування методу нульового поля для розв'язання хвильових рівнянь Гельмгольца та Ламе для середовищ із об'ємними розсіювачами. Побудова моментних рівнянь нульового поля. Дослідження властивостей матриць Шредінгера. Визначення за їх допомогою динамічного напружено-деформованого стану пружних тіл із локальними неоднорідностями.	4
4.	Застосування методу нульового поля у задачах розсіяння хвиль тонкими об'єктами. Розрахунок комплексних хвильових чисел, ефективних фазових швидкостей хвиль та коефіцієнтів їх загасання із залученням теорії гомогенізації Фолді.	2
5.	Використання паралельних обчислень при реалізації числових алгоритмів, зокрема, отриманих за допомогою методів граничних інтегральних рівнянь та нульового поля. Розпаралелювання ациклічних ділянок програм або алгоритмів (побудова графа алгоритму та його ярусно-паралельної форми). Розпаралелювання циклів з використанням методів паралелепіпедів, гіперплощин та пірамід. Оцінка складності та прискорення паралельних алгоритмів.	8
6.	Конвеєризація обчислень. Оцінка складності та прискорення.	4

	Зачеплення конвеєрів операцій. Паралельно-конвеєрна обробка інформації.	
7.	Дослідження систолічних алгоритмів обчислень.	2
	Усього годин	30

3.3. Самостійна робота

№ п/п	Зміст роботи	Кількість годин
1.	Індивідуальне науково-дослідне завдання	40
2.	Підготовка до заліку та іспиту	20
	Усього годин	60

4. Оцінювання результатів засвоєння дисципліни

4.1. Урахування контрольно-моніторингових завдань

№	вид завдання	відсоток
1	Виконання завдань на практичних заняттях	25%
2	Виконання індивідуального науково-дослідного завдання	25%
3	Екзамен	50%

4.2. Загальна шкала оцінювання

При оцінюванні використовуються критерії згідно з Положенням про рейтингове оцінювання досягнень здобувачів вищої освіти в Інституті прикладних проблем механіки і математики ім. Я. С. Підстригача НАН України від 9.11.2016 http://iapmm.lviv.ua/aspirant/polozhennya_ro_K.pdf

Література

1. Dongarra J., Abalenkovs M., Abdelfattah A., Gates M., Haidar A., Kurzak J., Luszczek P., Tomov S., Yamazaki I. & YarKhan A. Parallel Programming Models for Dense Linear Algebra on Heterogeneous Systems // Supercomputing Frontiers and Innovations. – 2016. – 2(4). P. 67–86. <https://doi.org/10.14529/jsfi150405>.
2. Mykhas'kiv V.V. Numerical Simulation of Wave Propagation in 3D Elastic Composites with Rigid Disk-Shaped Inclusions of Variable Mass, Chapter 2 // Composites and Their Applications (edited by N. Hu). – Rijeka (Croatia): InTech Press, 2012. – P. 17-36. (Розділ монографії).
3. Rauber T., Rüniger G. Parallel Programming Models. In: Parallel Programming. Springer, Cham, 2023. https://doi.org/10.1007/978-3-031-28924-8_3.
4. Yadzhak M.S. Parallel algorithms for data digital filtering // Cybernetics and Systems Analysis. – 2023. – Vol. 59, N 1. – P. 39–48.
5. Дорошенко А.Ю. Лекції з паралельних обчислювальних систем. Методичний посібник. – Київ: Видавничий дім «КМ Академія», 2003. – 42 с.
6. Качко О.Г. Паралельне програмування. – Харків: ХНУРЕ, 2016. – 403 с.
7. Коцовський В.М. Теорія паралельних обчислень. – Ужгород: ПП «АУТДОР-Шарк», 2021. – 188 с.

8. *Кунець Я.І., Матус В.В.* Асимптотичний підхід у динамічних задачах теорії пружності для тіл з тонкими пружними включеннями // *Мат. методи та фіз.-мех. поля.* – 2020. – Т. 63. № 1. – С. 75–93.
9. *Назарчук З.Т., Куриляк Д.Б., Михаськів В.В., Синявський А.Т., Чекурін В.Ф.* Математичне моделювання взаємодії фізичних полів із дефектами матеріалу. – Львів: Простір – М, 2018. – 512 с.
10. *Поліщук О. Д., Яджак М. С.* Мережеві структури та системи: IV. Паралельне опрацювання результатів неперервного моніторингу // *Системні дослідження та інформаційні технології.* – 2019. – № 2. – С.105–114.
11. *Рейтинговий* список найпотужніших обчислювальних систем світу. – Режим доступу: www.top500.org.
12. Руйнування пружних тіл із включеннями та його діагностування / Під заг. ред. Р.М. Кушніра. Т.1.: Теоретичні основи динамічних процесів у пружних тілах із включеннями / Р.М. Кушнір, В.Р. Скальський, Я.І. Кунець, В.В. Матус, Ю.С. Окрепкий, Т.В. Селівончик. – Львів: НАН України, ІППММ ім. Я.С. Підстригача НАН України, 2023. – 280 с.
13. *Хай М. В.* Вибрані праці. – Львів: ІППММ ім. Я.С. Підстригача НАНУ, 2004. – 212 с.
14. *Яджак М. С.* Паралельні алгоритми розв'язання просторової задачі цифрової фільтрації даних // *Інформатика та математичні методи в моделюванні.* – 2017. – 7, № 3. – С. 234–239.