

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ПРИКЛАДНИХ ПРОБЛЕМ МЕХАНІКИ І МАТЕМАТИКИ
ім. Я.С. ПІДСТРИГАЧА

Відділ математичних проблем механіки неоднорідних тіл



«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

Методи та засоби математичного моделювання в наукових дослідженнях

/код і назва навчальної дисципліни /

Третій рівень, доктор філософії

/рівень вищої освіти/

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

Львів–2024 рік

Робоча програма з навчальної дисципліни "Методи та засоби математичного моделювання в наукових дослідженнях"

для здобувачів освіти ступеня доктора філософії

Розробник:

зав. від., д. т. н., професор



Михайло АНДРІЙЧУК

"25" 07. 2024 р.

1. Структура навчальної дисципліни

Найменування показників	Всього годин	
	Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Кількість кредитів/год.	3	–
Усього годин аудиторної роботи, у т. ч.:	60	–
• лекційні заняття, год.	30	–
• семінарські заняття, год.	10	–
• практичні заняття, год.	10	–
• лабораторні заняття, год.	10	–
Усього годин самостійної роботи, у т. ч.:	30	–
Диференційований залік	–	–

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

2.1. Мета вивчення навчальної дисципліни

Метою вивчення дисципліни є набуття теоретичних і практичних знань зі створення математичних, алгоритмічних та комп'ютерних моделей складних процесів, засвоєння практичних навичок складання математичних моделей, розвиток умінь і навичок практичного застосування отриманих знань в практиці наукової та інноваційної діяльності.

2.2. Завдання навчальної дисципліни відповідно до освітньої програми

В результаті вивчення дисципліни студент повинен:

- сформувати уявлення про класифікацію моделей та види моделювання;
- освоїти принципи побудови та основні вимоги до математичних моделей;
- навчитися формувати математичні моделі складних процесів різного типу
- сформувати базові знання щодо застосування комп'ютерних засобів при переході від моделювання до застосування алгоритмів програм;
- оволодіти методами дослідження систем і процесів та імітаційним моделюванням.

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток в аспірантів компетентностей:

загальних:

- 1) знання сучасних методів математичного, числового й комп'ютерного моделювання складних процесів і систем;
- 2) критичний аналіз, оцінка і синтез нових та складних ідей;
- 3) уміння ефективно спілкуватися з широкою науковою спільнотою та громадськістю в питаннях моделювання та обчислювальної математики;
- 4) наполегливість у досягненні мети;
- 5) здатність самостійно розвиватися і вдосконалюватися упродовж життя, відповідальність за навчання інших;
- 6) соціальна відповідальність за результати прийняття стратегічних рішень;
- 7) ініціювання оригінальних дослідницько-інноваційних комплексних проектів;
- 8) лідерство та здатність як до автономної, так і до командної роботи під час реалізації проектів;

фахових:

- 1) знання про тенденції розвитку і найбільш важливі нові розробки в області математичного числового та комп'ютерного моделювання складних нелінійних процесів і систем, 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 області математичного, числового та комп'ютерного моделювання складних процесів, систем та явищ;
- 4) знання і розуміння сучасних наукових теорій і методів, вміння їх ефективно застосовувати для синтезу та аналізу складних процесів, систем та явищ;
- 5) здатність ефективно застосовувати аналітичні та числові методи аналізу та математичного моделювання складних процесів та систем, виконувати комп'ютерні експерименти при проведенні наукових досліджень;
- 6) здатність інтегрувати знання з інших дисциплін, застосовувати системний підхід та враховувати нетехнічні аспекти при розв'язанні науково-прикладних задач і виконанні досліджень;
- 7) здатність розробляти та реалізовувати проекти, включаючи власні дослідження, які дають можливість переосмислювати наявні чи створювати нові знання, а також розв'язувати складні задачі в області 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 складних процесів, систем та явищ;
- професійні знання основних закономірностей кількісного опису процесів в рамках моделей електродинаміки, поширення хвиль в нелінійних середовищах; алгоритмів та їх програмної реалізації при дослідженнях за допомогою обчислювального експерименту;
- здатність продемонструвати знання сучасних числових методів розв'язування нелінійних інтегральних та диференціальних рівнянь та їх систем різного типу;
- здатність обрати раціональний метод знаходження розв'язків і побудувати алгоритм розв'язання сформульовані задачі, 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 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 змоделювати систему (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 розділів, тем	Кількість год.
1	Загальна методика математичного моделювання складних систем. Способи організації процесу математичного моделювання. Послідовність математичного моделювання. Постановка задачі. Розробка концептуальної математичної моделі складної системи. Алгоритмізація математичної моделі та комп'ютерне моделювання. Експериментальна перевірка та оптимізаційні експерименти. Отримання та представлення результатів моделювання.	6
2	Принципи оптимізації складних систем. Основи оптимізації складних систем. Проблема багатокритеріальності. Проблема багатопараметричності. Основні ідеї багатоцільової оптимізації. Методи зведення багатоцільових задач до одноцільових задач оптимізації. Заміна окремих критеріїв системою обмежень. Метод вагових коефіцієнтів. Метод переваг. Метод критеріального програмування.	6
3	Методи лінійного програмування. Приклади задач лінійного програмування (ЗЛП). Форми запису ЗЛП. Геометрична інтерпретація ЗЛП. Симплекс–метод розв'язання ЗЛП. Післяоптимізаційний аналіз ЗЛП. Параметричне програмування. Спеціальні задачі лінійного програмування: транспортна задача (Т-задача); задача про призначення.	6
4	Методи нелінійного програмування. Класичні умови екстремуму. Метод множників Лагранжа. Умови Куна-Таккера. ЗНП і сідлові точки. Квадратичне програмування. Метод Франка-Вулфа. Числові методи в задачах нелінійного програмування. Числові методи безумовної оптимізації першого і другого порядку. Методи розв'язання задач нелінійного програмування за наявності обмежень.	6
5	Метод динамічного програмування. Метод динамічного програмування (ДП). Задачі ДП. Загальна постановка задачі ДП. Алгоритм пошуку оптимальних рішень за методом ДП. Інтерпретація управління у фазовому просторі. Задачі ДП, що не пов'язані з часом. Задачі ДП із мультиплікативним критерієм.	6

Усього 30 год.

3.2. Практичні/лабораторні заняття

№ п./п.	Найменування розділів, тем	Кількість год.
1	Алгоритмізація математичної моделі та комп'ютерне моделювання. Експериментальна перевірка та оптимізаційні експерименти. Візуальне представлення результатів моделювання.	5
2	Багатоцільові оптимізаційні моделі. Методи зведення багатоцільових задач до одноцільових. Заміна окремих критеріїв системою обмежень. Метод вагових коефіцієнтів. Метод переваг. Метод критеріального програмування.	5
3	Математичне моделювання та дослідження процесів перенесення в деформівних напівпровідниках, діелектриках, металах і структурах на їх основі.	5
4	Числові методи розв'язання прямих і обернених задач теорії взаємодії полів різної фізичної природи в деформівних твердих тілах.	5
5	Математичні моделі та методи ідентифікації структури, фізичних властивостей і термодинамічного стану неоднорідних твердих тіл.	5
6	Поеднання результатів числового моделювання з розробкою сучасних методів експериментального вимірювання фізичних параметрів для полів різної фізичної природи в твердих тілах.	5

Усього 30 год.

3.3. Самостійна робота

№ п/п	Зміст роботи	К-сть годин
1.	Виконання індивідуальних науково-дослідних завдань, к-сть/год	20
2.	Підготовка до заліків та іспиту	10

Усього 30 год.

4. Контроль знань, політика виставлення балів

Оцінювання знань проводиться на основі співбесіди з аспірантом. Залік вважається зданим успішно, якщо виконуються такі критерії:

1. Аспірант показав глибокі знання з усіх питань, які розглядалися в курсі. Не менше 75% питань, які задав керівник курсу, повинні мати достатньо вичерпні відповіді.
2. Повністю повинно бути виконане індивідуальне наукове завдання.
3. Повинні бути завершені всі завдання, отримані в процесі виконання практичних/лабораторних занять.

Академічна добросовісність: Очікується, що роботи аспірантів будуть їх оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання в роботу інших аспірантів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недобросовісності. Виявлення ознак академічної недобросовісності в письмовій роботі аспіранта є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману.

Відвідування занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі аспіранти відвідають усі лекції та практичні заняття курсу. Аспіранти повинні інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку аспіранти зобов'язані дотримуватися термінів визначених для виконання всіх видів письмових робіт та індивідуальних завдань, передбачених курсом.

Література. Уся література, яку аспіранти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем виключно в освітніх цілях без права її передачі третім особам. Аспіранти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.

Політика виставлення балів та оцінювання. Враховуються результати усної співбесіди з аспірантом на заліку, виконання лабораторних (практичних) робіт та виконання індивідуального наукового завдання. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність аспіранта під час практичного заняття; недопустимість пропусків та запізень на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях, не пов'язаних з навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін.

Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.

5. Рекомендована література

1. Пасічник В.В., Виклюк Я.І., Камінський Р.М. Моделювання складних систем. В-во "Новий світ-2000", 2001, 404 с.
2. Хвищун І. О. Програмування і математичне моделювання. – Львів: ІнЮре, 2007. – 544 с.
3. С. С. Забара, О. О. Гаварін, І. М. Кузьменко, Ю. Д. Щебашин. Моделювання систем у середовищі MATLAB, Університет "Україна", 2011, 137 с.
4. Zwillinger D. Handbook of Differential Equations. Elsevier, 2022, 832 p.
5. Кутнів М. В. Чисельні методи: [навч. посіб.]. — Львів: Вид-во «Растр-7», 2010. – 288 с.
6. Програмування і математичне моделювання: підручник для студ. вищих навч. закл. / І. О. Хвищун; Львівський національний ун-т ім. Івана Франка. — Київ: Ін Юре: Видавничий центр Львівського національного університету ім. Івана Франка, 2007. — 544 с.
7. Ming-Seng Kao, Chieh-Fu Chang. Understanding Electromagnetic Waves. Springer, 2021, 444 p.
8. Ніколюк П. К. Моделювання систем. Навчальний посібник, ДонНУ імені Василя Стуса, 2023, 228 с.
9. Математичне моделювання в електроенергетиці: підручник / О. В. Кириленко, М. С. Сегеда, О. Ф. Буткевич, Т. А. Мазур; за ред. М. С. Сегеди; М-во освіти і науки, молоді та спорту України, Нац. ун-т «Львів. політехніка». – 2-ге вид. – Л.: Вид-во Львів. політехніки, 2013. – 608 с.
10. Зеленський К. Математичне програмування. Університет "Україна", 2011, 216 с. https://stud.com.ua/140863/prirodoznavstvo/liniyne_programuvannya#google_vignette
11. Glowinski R. Finite Element Methods for Incompressible Viscous Flow. Handbook of Numerical Analysis, Vol. IX. Numerical Methods for Fluids (Part 3). – Elsevier Science BV, 2003. – 1176 p.
12. Gerard Sierksma; Yori Zwols *Linear and Integer Optimization: Theory and Practice* (3rd ed.). CRC Press. 2015, ISBN 978-1498710169.
13. Hrytsyna O., Kondrat V. Local Gradient Theory for Dielectrics: Fundamentals and Applications. Jenny Stanford Publishing, 1st Edition, 2020, 330 p.
14. М. Я. Бартіш, І. М. Дудзяний. Дослідження операцій. Частина 4. Нелінійне програмування. Підручник. Львів: В-во ЛНУ ім. Ів. Франка, 2011, 259 с.
15. Eddy S. R. What is dynamic programming? Nature Biotechnology, 22, 2004, # 909-910.
16. Бурак Я., Чапля Є., Нагірний Т., Чекурін В., Кондрат В., Чернуха О., Мороз Г., Червінка К. Фізико-математичне моделювання складних систем / Під заг. ред. чл.-кор. НАН України

- Бурака Я. Й., д. ф.-м. н. Чаплі Є. Я. – Львів: Сполом, 2004. – 264 с.
17. Чекурін В. Ф., Кравчишин О. З. Пружні збурення в неоднорідно деформованих твердих тілах. – Львів: Сполом, 2008. – 152 с.
 18. Чекурін В. Ф., Червінка К. А. Інформаційні технології та системи: лабораторний практикум для студ. мат. та фіз.-техн. спец. – Львів: Вид. центр ЛНУ ім. Ів. Франка, 2005. – 222 с.
 19. Cormen, T. H.; Leiserson, C. E.; Rivest, R. L.; Stein, C. Introduction to Algorithms (2nd ed.), MIT Press & McGraw-Hill, 2001, 327 p.
 20. <https://www.youtube.com/watch?v=hWtX9UKMEsI>.
 21. Chekurin V. F. Thermoelasticity of semiconductors: the many-continuum thermo-dynamic approach. In: Encyclopedia of Thermal Stresses / Ed. R. B. Hetnarski. – Dordrecht etc.: Springer, 2014. – Vol. 11. – P. 5844–5858.
 22. P. Yu, M. Cardona. Fundamentals of Semiconductors: Physics and Materials Properties. 2nd ed. – Springer, 2013. – 623 p.
 23. <https://www.britannica.com/science/semiconductor>
 24. <https://www.semiconductors.org/semiconductors-101/what-is-a-semiconductor/>
 25. <https://www.hitachi-hightech.com/global/en/knowledge/semiconductor/room/about/>