

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

Відділ теорії фізико-механічних полів

«ЗАТВЕРДЖУЮ»



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

Роман КУШНІР

Протокол від «31» 05 2022 року № 5

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
МЕТОДИ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ НЕЛІНІЙНИХ КРАЙОВИХ ЗАДАЧ
/код і назва навчальної дисципліни /

Третій рівень, доктор філософії
/рівень вищої освіти/

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

Львів–2022 рік

Робоча програма з навчальної дисципліни "Методи розв'язування нелінійних крайових задач"

для здобувачів освіти ступеня доктора філософії

Розробник:

пр. н. с., д. ф.-м. н., ст. н. с.

/посада, науковий ступінь та вчене звання/



/підпис

/Богдан ДРОБЕНКО/

/ініціали та прізвище /

" 11 " 05 2022 р.

1. Структура навчальної дисципліни

Найменування показників	Всього годин	
	Денна форма навчання	Заочна форма навчання
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 оволодіння та розуміння молодими науковцями знань і навичок, необхідних для побудови математичних моделей складних нелінійних систем і процесів, ознайомлення з основними положеннями, загальними підходами та методами математичного та комп'ютерного моделювання.

2.2. Завдання навчальної дисципліни відповідно до освітньої програми

В результаті вивчення дисципліни студент повинен:

- засвоїти основні положення математичного моделювання;
- вміти будувати лінійні й нелінійні математичні моделі процесів тепло-масо-перенесення, електродинаміки, деформування, поширення хвиль в нелінійних середовищах;
- розуміти межі застосування лінійних і нелінійних математичних моделей;
- бути здатним обирати раціональний метод знаходження розв'язків і будувати алгоритм розв'язування сформульовані задачі, а також розробити відповідне програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання;
- орієнтуватись в можливостях вже розроблених програмних комплексів для комп'ютерного моделювання нелінійних процесів і вміти користуватись хоча б одним з них;
- вміти провести обчислювальний експеримент і проаналізувати його результати.

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток в аспірантів компетентностей:

загальних:

- 1) знання сучасних методів математичного, числового й комп'ютерного моделювання нелінійних процесів;
- 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 самостійно розвиватися і вдосконалюватися упродовж життя,

відповідальність за навчання інших;

- б) 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 методи аналізу та математичного моделювання складних процесів та систем, виконувати комп'ютерні експерименти при проведенні наукових досліджень;
- б) 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 нелінійних процесів, систем та явищ;
- професійні знання основних закономірностей кількісного опису процесів в рамках моделей тепло-масо-перенесення, електродинаміки, деформування, поширення хвиль в нелінійних середовищах; алгоритмів та їх програмної реалізації при дослідженнях за допомогою обчислювального експерименту;
- здатність продемонструвати знання сучасних числових методів розв'язування крайових задач;
- 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 не-технічні аспекти, під час розв'язання задач обраної спеціалізації та проведення досліджень;
 - самостійно змоделювати систему (явище) та її 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

<i>№ п/п</i>	<i>Найменування розділів, тем</i>	<i>Кількість год.</i>
1	Числові методи розв'язування нелінійних крайових задач. Метод скінченних різниць. Багатопараметричні різницеві алгоритми. Метод скінченних елементів. Метод граничних елементів.	6
2	Розв'язування нелінійної нестационарної задачі теплопереносу з допомогою методу скінченних елементів і сімейства однокрокових багатопараметричних різницевих алгоритмів 1-го та 2-го порядку. Використання просторових апроксимацій вищого порядку точності.	4
3	Моделювання процесів виникнення, розгортання і гасіння пожежі та процесів термообробки конструктивних елементів. Врахування нелінійної поведінки тіл при нагріванні-охолодженні. Дослідження збіжності й точності отримуваних розв'язків. Порівняльний аналіз розв'язків в межах лінійних і нелінійних моделей. Встановлення меж застосовності моделей.	4
4	Моделювання процесу поширення електромагнітних хвиль в нелінійних за електричними й магнітними властивостями середовищах. Рівняння Максвелла. Електромагнітні поля в скінченних тілах. Феромагнітні, діелектричні тіла. Врахування намагнічування і поляризації. Чисельна апроксимація фізичних співвідношень.	4
5	Нелінійні процеси деформування. Підходи Ейлера й Лагранжа. Пружно-пластичне деформування. Залишкові напруження.	4
6	Чисельні підходи до розв'язування зв'язаних задач. Зв'язана задача теплопровідності й електродинаміки. Чисельна апроксимація фізичних співвідношень між зміщеннями електричного й магнітного полів та відповідними напруженостями й температурою.	4
7	Огляд існуючих пакетів прикладних програм. Комп'ютерне моделювання в середовищі програмного комплексу ANSYS	4

Усього 30 год.

3.2. Семінарські заняття

<i>№ n/n</i>	<i>Найменування розділів, тем</i>	<i>Кількість год.</i>
1	Визначення розподілу температури в стінці реактора за стаціонарного режиму його роботи з допомогою методу скінченних елементів. Дослідження збіжності числових розв'язків.	2
2	Визначення розподілу температури у стінці реактора в умовах перехідних процесів (пуск, зупинка) з використанням сімейства однокрокових багатопараметричних різницевого алгоритмів 1-го та 2-го порядку. Врахування термочутливості і теплообміну шляхом випромінювання.	2
3	Дослідження процесів деформування нелінійних стрижневих конструкцій. Ферма Мізеса. Порівняльний аналіз аналітичного і скінченно-елементних розв'язків.	2
4	Визначення електромагнітних, температурних і механічних полів у циліндрі за умов його термообробки за допомогою електромагнітних полів. Чисельна апроксимація фізичних співвідношень. Побудова ієрархії моделей. Врахування термочутливості. Раціональні режими індукційної термообробки феромагнітного циліндра. Порівняльний аналіз розв'язків в межах різних модельних уявлень.	8
5	Пружно-пластичне деформування балки за інтенсивного температурного навантаження в умовах пожежі. Врахування теплообміну випромінюванням і температурної залежності характеристик матеріалу.	4
6	Визначення температурних полів, а також полів переміщень, деформацій та напружень за допомогою програмного комплексу ANSYS. Визначення напруженого стану скінченного циліндра під внутрішнім тиском. Приготування дискретної моделі, розв'язування і візуалізація отриманих результатів. Формування програмного коду на мові APDL. Дослідження напруженого стану в пластинах і циліндрах з отворами. Дослідження температурних полів, переміщень, деформацій та напружень у двошаровому циліндрі: Врахування термочутливості характеристик матеріалів.	12

Усього 30 год.

3.3. Самостійна робота

<i>№ n/n</i>	<i>Зміст роботи</i>	<i>К-сть годин</i>
1.	Виконання індивідуальних науково-дослідних завдань, к-сть/год	40
2.	Підготовка до заліків та іспиту	20

Усього 60 год.

Рекомендована література

1. Бреббиа К., Уокер С. Применение метода граничных элементов в технике. – М.: Мир, 1982. – 248с.
2. Зенкевич О., Морган К. Конечные элементы и аппроксимация: Пер. с англ. – М.: Мир, 1986. – 318 с.
3. Лыков А. В. Теория теплопроводности. – М.: Высшая школа, 1967. – 599с.
4. Моделювання та оптимізація в термомеханіці електропровідних неоднорідних тіл / Під заг. редакцією Я.Й. Бурака і Р.М. Кушніра (в 5-ти томах). Т. 4. Термомеханіка намагнечуваних електропровідних термочутливих тіл / Гачкевич О.Р., Дробенко Б.Д. – Львів: СПОЛОМ, 2010. – 256 с.
5. Оран Э., Борис Дж. Численное моделирование реагирующих потоков. – М.: Мир, 1990, 661с.
6. Пирумов У.Г., Росляков Г.С. Численные методы газовой динамики. – М.: Высшая школа, 1987, 232 с.
7. Рихтмайер Р., Мортон К. Разностные методы решения краевых задач . –М.: Мир, 1972, 418 с.
8. Роуч П. Вычислительная гидродинамика. – М.: Мир, 1980, 616 с.
9. Седов Л.И. Механика сплошной среды. Том 1. – М.: Наука, 1970, 492 с.
10. Седов Л.И. Механика сплошной среды. Том 2. – М.: Наука, 1970, 568 с.
11. Смит К., Томсон Р. Численное моделирование газовых лазеров. – М.: Мир, 1981, 515с.