

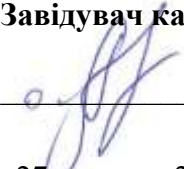
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Центральноукраїнський державний педагогічний університет імені Володимира Винниченка

Кафедра прикладної математики, статистики та економіки

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри

 (Авраменко О.В.)

«27» серпня 2021 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ОКВ1 Сучасні прийоми та засоби комп'ютерного моделювання

(шифр і назва навчальної дисципліни)

Спеціальність 113 Прикладна математика

(шифр і назва спеціальності)

спеціалізація _____

(назва спеціалізації)

освітня програма Прикладна математика

(назва)

Факультет фізико-математичний

(назва інституту, факультету, відділення)

форма навчання денна

(денна, заочна.)

2021 – 2022 навчальний рік

Робоча програма «Математичне моделювання детермінованих та стохастичних процесів» для аспірантів за спеціальністю 113 Прикладна математика.

Розробники:


Казачков Іван Васильович, доктор технічних наук, професор.

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри прикладної математики, статистики та економіки

Протокол № 1 від «27» серпня 2021 року

Завідувач кафедри прикладної математики, статистики та економіки

_____ (підпис)



Авраменко О.В.
(прізвище та ініціали)

_____, 20__ рік
_____, 20__ рік

1. **Опис навчальної дисципліни**

| Найменування показників | Галузь знань, спеціальність, рівень вищої освіти | Характеристика навчальної дисципліни |
|--|--|--------------------------------------|
| | | денна форма навчання |
| Кількість кредитів – 3,5 | Галузь знань <u>11 Математика та статистика</u> (шифр і назва) | Професійна наукова підготовка |
| Індивідуальне науково-дослідне завдання: _____ (назва) | Спеціальність: <u>113 Прикладна математика</u> (шифр і назва) Спеціалізація | Рік підготовки |
| | | 2-й |
| Загальна кількість годин – 105 | Спеціалізація | Семестр |
| | | 2-й |
| Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2 самостійної роботи студента – 4 | Рівень вищої освіти: <u>третій (освітньо-науковий)</u> | Лекції |
| | | 14 год. |
| | | Практичні, семінарські |
| | | 14 год. |
| | | Лабораторні |
| | | 0 год. |
| | | Самостійна робота |
| | | 77 год. |
| | | Індивідуальні завдання: |
| | | 0 год. |
| Вид контролю: | | |
| Залік | | |

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Дисципліна "Сучасні прийоми та засоби комп'ютерного моделювання" пропонується для аспірантів. Комп'ютерне моделювання як сучасний метод теоретичного пізнання ставить перед дослідником питання про вибір методу та засобів їх реалізації для моделювання, адекватних досліджуваній проблемі. І методи, і прийоми та різні засоби комп'ютерного моделювання в сучасних умовах дуже швидко змінюються, розвиваються і вдосконалюються. Тому навчання сучасним прийомам та засобам комп'ютерного моделювання є важливою складовою підготовки сучасного фахівця з прикладної математики та математичного і комп'ютерного моделювання. Корисним цей курс є також для спеціалістів, які мають моделювати різні фізичні та інші складні процеси і системи.

В даному курсі заплановано розглянути найбільш ефективні чисельні методи розв'язання крайових задач в частинних похідних та особливості їх практичного застосування в обчислювальних експериментах на комп'ютері. Також приділяється увага оптимальному вибору найбільш підходящого методу для конкретної задачі з урахуванням особливостей системи диференціальних рівнянь та граничних умов. Будуть розглянуті також деякі ефективні нові прийоми, розроблені в останні десятиріччя і добре зарекомендовані на практиці. Після навчання аспірант має бути здатним оцінювати і класифікувати крайові задачі, обирати правильний підхід до їх розв'язання і проводити самостійно обчислювальні експерименти на комп'ютері.

Програма вивчення вибіркової навчальної дисципліни "Сучасні прийоми та засоби комп'ютерного моделювання" складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки аспірантів напряму математики, статистики та інформаційних технологій

Предметом вивчення навчальної дисципліни є основні відомості про призначення та підходи до побудови різних математичних моделей систем, методи їх реалізації для обчислень на ЕОМ, види математичних моделей складних систем та процесів, методологія їх розробки і використання при проведенні наукових досліджень.

Міждисциплінарні зв'язки: для розуміння даного курсу необхідно володіння основами теорії множин, алгебри, математичного аналізу, теорії ймовірностей та матстатистики, диференціальних рівнянь та математичної фізики

Програма навчальної дисципліни складається з таких змістових модулів:

1. Основи математичного моделювання та різні види моделей за призначенням.
2. Побудова математичних моделей складних систем та їх дослідження на ЕОМ.

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни “Сучасні прийоми та засоби комп’ютерного моделювання” є придбання аспірантами:

- здатності складати математичні моделі різного виду для різноманітних систем та процесів різного рівня і призначення;
- навичок виконання розрахунків та комп’ютерних обчислювальних експериментів з використанням сучасних математичних пакетів прикладних програм.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни “Сучасні прийоми та засоби комп’ютерного моделювання” є набуття аспірантами:

- **знання** принципів побудови математичних моделей систем і процесів різної природи та призначення, особливостей алгоритмів і програм обчислювальних процедур, що реалізують процес математичного моделювання на сучасних ЕОМ;
- **вміння** поставити задачу моделювання та розробити математичну модель системи чи процесу для подальшого їх використання з метою вивчення об’єкта та розрахунку його параметрів;
- **навичок** практичної роботи по математичному моделюванню систем і процесів на ЕОМ з використанням сучасних програмних середовищ.

1.3. Згідно з вимогами освітньо-професійної програми аспіранти повинні:

знати :

- основні принципи математичного моделювання складних систем різної природи та засоби для розробки моделей систем;
- рішення задач аналізу та синтезу математичних моделей складних систем;
- особливості моделювання стаціонарних та динамічних режимів систем;
- сучасні методи експериментально-статистичного моделювання та головні напрямки його застосування до моделювання інформаційних, соціальних, економічних, технічних та інших складних систем;
- підходи, що застосовуються для математичного опису складних систем в умовах неповних початкових даних та невизначеності частини впливових параметрів;
- можливості, що пропонують новітні комп’ютерні технології для рішення задач моделювання складних систем.

вміти :

- розробляти математичні моделі різних систем та знаходити рішення при заданих умовах;
- робити розрахунки на ЕОМ з використанням розроблених математичних моделей складних систем, з попереднім структурним аналізом;

- знаходити відповідні плани для проведення дослідження багато компонентних сумішевих систем;
- самостійно проводити імітаційні експерименти по математичних моделях на ЕОМ;
- використовувати сучасні комп'ютерні методи та засоби різних програмних середовищ, наприклад: FLEXPDE, MathCad, MatLab, Matematika та інших для реалізації і дослідження математичних моделей.

У результаті вивчення навчальної дисципліни у аспіранта мають бути сформовані такі **компетентності**:

Інтегральні компетентності:

Здатність застосовувати:

- сучасні спеціалізовані уміння/навички та інноваційні методи, необхідні для розв'язання значущих проблем прикладної математики, а також для розширення та переоцінки цілісних знань і професійної практики у названій та суміжних галузях знань;
- критичний аналіз, оцінку і синтез нових та комплексних ідей у дослідницько-інноваційній та науково-педагогічній діяльності.

Загальні та фахові компетентності:

ЗК 5. Здатність до розробки та виконання інноваційних проектів.

ФК 4. Здатність до професійної практичної реалізації комплексних прийомів математичного моделювання детермінованих та стохастичних процесів з використанням комп'ютерних технологій.

ФК 5. Методологічне вміння ґрунтовно інтерпретувати об'єкт дослідження математичного моделювання у комп'ютерну модель та реалізовувати елементи його структури.

Програмні результати навчання:

ПРН 1.5. Уміння розробляти та виконувати інноваційні проекти.

ПРН 2.4. Уміння професійної практичної реалізації комплексних прийомів математичного моделювання детермінованих та стохастичних процесів з використанням комп'ютерних технологій.

ПРН 2.5. Уміння ґрунтовно інтерпретувати об'єкт дослідження математичного моделювання у комп'ютерну модель та реалізовувати елементи його структури.

3. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Математичне моделювання фізичних процесів

Тема 1.1 Предмет математичного моделювання. Приклади побудови математичних моделей та проведення обчислювальних експериментів. Диференційні рівняння в частинних похідних та їх математична класифікація

Тема 1.2.

Чисельні методи розв'язку диференційних рівнянь параболічного типу. Чисельні методи розв'язку диференційних рівнянь гіперболічного типу.

Тема 1.3 Чисельні методи розв'язку диференційних рівнянь конвекції-дифузії та рівняння переносу.

Чисельний розв'язок рівнянь примежового шару та вкорочених рівнянь Нав'є-Стокса.

Тема 1.4 Сучасні методи побудови розрахункових кінцево-різницевого сіток для чисельного розв'язку складних нелінійних диференційних рівнянь в частинних похідних.

Тема 1.5 Диференціальні рівняння в дробових похідних та фрактальна природа процесів. Методи моделювання фрактальних систем.

Розділ 2. Сучасні методи моделювання складних нелінійних та фрактальних процесів і інженерних систем.

Тема 2.1 Інженерний аналіз деталей, вузлів, агрегатів на статичну міцність та стійкість, обчислення власних частот, оптимізація форми, аналіз втоми та поведінки конструкції засобами програмної системи COSMOS WORKS.

Тема 2.2 Гідродинаміка та теплопередача.

Чисельне моделювання з використанням МКЕ. Дослідження процесів руху та теплообміну з використанням платформи FLEX.

4. Структура навчальної дисципліни

| Назви розділів і тем | Кількість годин | | | |
|--|-----------------|--------------|------|---|
| | денна форма | | | |
| | усього | у тому числі | | |
| Л | | Пр | С.р. | |
| Розділ 1. Математичне моделювання фізичних процесів | | | | |
| Тема 1.1 Предмет математичного моделювання. Приклади побудови математичних моделей та проведення обчислювальних експериментів. Диференційні рівняння в частинних похідних та їх математична класифікація | 9 | 2 | | 7 |
| Тема 1.2. Чисельні методи розв'язку диференційних рівнянь параболічного типу. Чисельні методи розв'язку диференційних рівнянь гіперболічного типу. | 9 | 2 | | 7 |
| Тема 1.3 Чисельні методи розв'язку диференційних рівнянь конвекції-дифузії та рівняння переносу. Чисельний розв'язок рівнянь примежового шару та вкорочених рівнянь Нав'є-Стокса. | 9 | 2 | | 7 |
| Тема 1.4 Сучасні методи побудови розрахункових кінцево-різницевого сіток для чисельного розв'язку складних нелінійних диференційних рівнянь в частинних похідних. | 10 | 2 | | 8 |
| Тема 1.5 Диференціальні рівняння в дробових похідних та фрактальна природа процесів. Методи моделювання фрактальних систем. | 10 | 2 | | 8 |

| | | | | |
|--|------------|-----------|-----------|-----------|
| Разом за розділом 1 | 47 | 10 | | 37 |
| Розділ 2. Сучасні методи моделювання складних нелінійних та фрактальних процесів і інженерних систем. | | | | |
| Тема 2.1 Інженерний аналіз деталей, вузлів, агрегатів на статичну міцність та стійкість, обчислення власних частот, оптимізація форми, аналіз втоми та поведінки конструкції засобами програмної системи COSMOS WORKS. | 30 | 2 | 8 | 20 |
| Тема 2.2 Гідродинаміка та теплопередача. Чисельне моделювання з використанням МКЕ. Дослідження процесів руху та теплообміну з використанням платформи FLEX. | 28 | 2 | 6 | 20 |
| Разом за розділом 1 | 58 | 4 | 14 | 40 |
| Усього на курс | 105 | 14 | 14 | 77 |

5. Теми практичних (семінарських) занять

| № з/п | Назва теми | Кількість годин |
|----------------------------|---|-----------------|
| 1 | Інженерний аналіз деталей, вузлів, агрегатів на статичну міцність та стійкість, обчислення власних частот, оптимізація форми, аналіз втоми та поведінки конструкції засобами програмної системи COSMOS WORKS. | 8 |
| 2 | Гідродинаміка та теплопередача. Чисельне моделювання з використанням МКЕ. Дослідження процесів руху та теплообміну з використанням платформи FLEX. | 6 |
| Разом за розділом 1 | | 14 |
| Всього на курс | | 14 |

6. Теми лабораторних занять

Даний вид роботи для курсу «Сучасні прийоми та засоби комп'ютерного моделювання» навчальним планом не передбачений.

7. Завдання для самостійної роботи

| № з/п | Назва теми | Кількість годин |
|-------|--|-----------------|
| 1 | Самост.робота: Розглянути моделі та класифікувати їх за складністю і спробувати описати їх особливості та призначення (ОЛ1, 17-23) | 7 |
| 2 | Самост.робота: класифікувати наведені рівняння і пояснити різницю між типами рівнянь та їх поведінкою (ОЛ1, 25-29, ДЛ1, 23-27, 190-193). | 7 |
| 3 | Самост.робота: класифікувати наведені системи диференціальних рівнянь в частинних похідних першого порядку і пояснити | 7 |

| | | |
|-------------------------------------|---|-----------|
| | різницю між типами систем рівнянь та їх поведінкою (ОЛ1, 29-32, ДЛ1, 29-35, 195-198). | |
| 4 | Самост.робота: проаналізувати методи розв'язку диференційних рівнянь параболічного типу та пояснити їх особливості (ОЛ1, 35-39, ДЛ1, 40-43, 200-203). | 8 |
| 5 | Самост.робота: Розв'язати рівняння переносу першого порядку за допомогою програми П. Отта трьома явними та трьома неявними чисельними методами і співставити їх з аналітичним розв'язком (ОЛ1, 57-64, ДЛ1, 67-75, 226-237). | 8 |
| 6 | Самост.робота: проаналізувати різницю між методами кінцевих різниць та кінцевих елементів (ОЛ1, 70-83, ДЛ1, 97-106, 240-250). Самост.робота: вибрати послідовність розв'язку рівнянь та пояснити чисельні алгоритми (ОЛ1, 90-94, ДЛ1, 111-123, 256-257). | 20 |
| 7 | Самост.робота: розглянути методи кліткових автоматів, фракталів та Латгіс-Больцман метод і співставити їх особливості та специфічні застосування, дати аналіз недоліків та переваг кожного з них (ОЛ1, 70-83, ДЛ1, 97-106, 240-250). | 20 |
| Разом за змістовим модулем 1 | | 77 |
| Всього на курс | | 77 |

8. Індивідуальні завдання

9. Методи навчання

Основні форми навчального процесу при вивченні дисципліни «Сучасні прийоми та засоби комп'ютерного моделювання»: аудиторні заняття, самостійна робота аспірантів, робота в науковій бібліотеці ЦДПУ імені В. Винниченка та мережі Інтернет, контрольні заходи.

Види навчальної роботи аспірантів:

- лекція;
- практичне заняття;
- консультація;
- залік.

Під час викладання дисципліни «Сучасні прийоми та засоби комп'ютерного моделювання» передбачається використання наступних методів навчання: вивчення та закріплення нового матеріалу, практичні завдання, дискусія.

10. Методи контролю

Теоретичний модуль: усне, письмове (тестування) опитування на практичних заняттях.

Практичний модуль: виконання практичних завдань.

11. Схема нарахування балів, які отримують студенти (залік)

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання.

1. Практичні роботи.

Ваговий бал = 8. Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи дорівнює : $8 \text{ балів} \times 6 = 48 \text{ балів}$.

Критерії оцінюванні:

- робота виконана повністю, вірно оформлен звіт = 5 балів;
- робота виконана більше ніж наполовину протягом відведеного часу = 3 бали;
- робота виконана менше ніж наполовину або невиконана протягом відведеного часу = 0 балів.

Якість захисту роботи:

- студент вірно і повністю виконав всі надані до захисту завдання (відповів на запитання) = 3 бала;
- студент вірно виконав всі надані для захисту завдання але допустив несуттєві неточності = 2 бали;
- студент не зміг відповісти на запитання = 0 балів.

0. Модульний контроль.

Ваговий бал = 8. Максимальна кількість балів за дві частини контрольної роботи дорівнює: $8 \text{ балів} \times 2 = 16 \text{ балів}$.

Якість виконання роботи:

- робота виконана повністю = 8 балів;
- у звіті та відповідях допущені несуттєві неточності = 6 балів;
- половина відповідей вірна = 4 бали;
- погано зроблен звіт, відповіді з суттєвими неточностями = 2 бали;
- звіт не підготовлен = 0 балів.

Штрафні та заохочувальні бали за:

- виконання лабораторних робіт згідно учбового графіку = 6 балів;
- пасивність на лабораторних заняттях = 4 бали;
- несвоєчасна здача лабораторних робіт без поважної причини = -5 балів.

Розрахунок шкали (R) рейтингу:

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R_c = 48 + 16 + 6 = 70 \text{ балів}$$

Складова з заліку з навчального кредиту дорівнює 30% від R_c , а саме:

$$R_e = R_c \cdot (0.3 / (1 - 0.3)) = 70 \cdot (0.3 / (1 - 0.3)) = 30 \text{ балів}$$

Таким чином рейтингова складова з навчального кредиту складає

$$R = 70 + 30 = 100 \text{ балів}$$

Для отримання студентом відповідних оцінок (ECTS та традиційних) його рейтингова оцінка R_D переводиться згідно з таблицею:

Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

| Сума балів за всі види навчальної діяльності | Оцінка за національною шкалою | |
|--|--|---|
| | для екзамену, курсового проекту (роботи), практики | для заліку |
| 90-100 | відмінно | зараховано |
| 82-89 | добре | |
| 74-81 | | |
| 64-73 | | |
| 60-63 | задовільно | |
| 35-59 | незадовільно з можливістю повторного складання | не зараховано з можливістю повторного складання |
| 1-34 | незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни | не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни |

12. Рекомендована література

Основна література (ОЛ).

1. Андерсон Д., Таннехилл Дж., Плетчер Р. Вычислительная гидромеханика и теплообмен. Часть I и II.- М.: Мир.- 1990.- 728 с.
2. Роуч П.Дж. Вычислительная гидромеханика.- М.: Мир.- 1980.- 402 с.
3. Самарский А.А. Теория разностных схем.- М.: Наука.- 1983.- 616с.
4. Яненко Н.Н. Метод дробных шагов решения многомерных задач математической физики.- Новосибирск: Наука.- 1967.- 195 с.
5. Бурківська В.Л., Войцехівський С.О., Гаврилюк І.П. та інші. Методи обчислень. Практикум на ЕОМ.- К.: Вища школа.- 1995.- 303 с.
6. Жаблон К., Симон Ж.-К. Применение ЭВМ для численного моделирования в физике.- М.: Наука.- 1983.- 236 с.
7. SolidWorks 2007/2008. Компьютерное моделирование в инженерной практике, Санкт-Петербург 2008.
8. Камаєв Ю.М. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Основи САПР», Електроний посібник, НТУУ «КПІ», ТЕФ, 2007р

Додаткова література (ДЛ).

1. Kazachkov I.V., Kalion V.A. Numerical continuum mechanics.- Stockholm: KTH.- 2002.- 273р.
2. Бим Р. М., Уорминг Р. Ф. Неявная факторизованная разностная схема для уравнения Навье-Стокса сжимаемого газа. –Ракетная техн. и космон., 1978.- т. 16.- № 4.- С. 145–156.
3. Ляшко И.И., Макаров В.Л., Скоробогатько А.А. Методы вычислений.- Киев: Выща школа.- 1977.- 406 с.
4. МакКормак Р.В. Численный метод решения уравнений вязких течений. – Аэрокосмическая техника, 1983.- т. 1.- № 4.- С.114–123.
5. Оран Э., Борис Дж. Численное моделирование реагирующих потоков.- М.: Мир.- 1990.- 662с.
6. Флетчер К. Вычислительные методы в динамике жидкостей. Часть I и II.- М.: Мир.- 1991.- 1054с.
7. Anderson J.D., Jr. Computational Fluid Dynamics: the Basics with Applications.- N.Y.: McGraw-Hill.- 1995.
8. Mandelbrot B.B. The Fractal Geometry of Nature.- N.Y.: Freeman.- 1982.
9. Sethian J.A. Level Set Methods and Fast Marching Methods: Evolving Interfaces in Computational Geometry, Fluid Mechanics, Computer Vision, and Materials Science.- Cambridge University Press.- 2nd ed.- 1999.- 250pp.

13. Інформаційні ресурси

1. <https://www.maplesoft.com>
2. <https://maxima.sourceforge.io>
3. <https://www.wolfram.com/mathematica>