



МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ І ПРОЦЕСІВ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

1. Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>15 Автоматизація та приладобудування</i>
Спеціальність	<i>153 мікро-та наносистемна техніка</i>
Освітня програма	<i>Мікро- та наносистемна техніка</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити ЄКТС (120 год: лекцій - 36 год, практичних - 18 год, СРС - 66 год)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен / МКР, РГР</i>
Розклад занять	<i>http://rozklad.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська/</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор, Практичні: с.н.с., к.т.н. Ніколов Микола Олександрович Тел. 067-246-68-14; nicholay.nikolov.gmail.com; nikolov-ee@lll.kpi.ua</i>
Розміщення курсу	<i>Google classroom</i>

2. Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Навчальна дисципліна належить до циклу професійної та практичної підготовки.

Предмет навчальної дисципліни - узагальнені методи моделювання фізичних, технічних, біологічних систем та процесів.

Міждисциплінарні зв'язки: Курс базується на знаннях з біофізики, теорії ймовірності, теорії інформації, математики та фізики

Мета навчальної дисципліни: *здатність використовувати узагальнені методи моделювання фізичних, технічних, біологічних систем та процесів, а також методи досліджень моделей, які є базовими для вивчення цих процесів.*

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі результати навчання:

знання: *узагальнені методи моделювання, підходи до побудови математичної моделі складних систем, в тому числі в області електроніки та біофізики*

уміння: *створювати потрібні моделі та знаходити їх рішення*

досвід: *володіти методами рішень звичайних диференційованих рівнянь та рівнянь у частинних похідних*

Ця дисципліна формує такі **компетентності**:

ЗК 1 Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК 2 Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ФК 3 Здатність використовувати математичні принципи і методи для проектування та застосування мікро- та наносистемної техніки.

ФК 5 Здатність ідентифікувати, класифікувати, оцінювати і описувати процеси у мікро- та наносистемній техніці за допомогою побудови і аналізу їх фізичних і математичних моделей.

ФК 8 Здатність планувати і виконувати теоретичні та експериментальні наукові дослідження у сфері мікро- та наносистемної техніки та з дотичних міждисциплінарних наукових напрямів.

ФК 12 Здатність використовувати інформаційні технології, методи інтелектуалізації та візуалізації, штучного інтелекту, методи машинного навчання, хмарні технології для дослідження та аналізу процесів в мікро- та наносистемній техніці, включаючи електронні біомедичні системи.

ФК 13 Здатність до системного мислення, розв'язання задач розробки, оптимізації та оновлення конструктивних елементів мікроелектроніки та структурних блоків приладів фізичного та біомедичного призначення.

Програмні результати навчання:

ПРН 3 Оптимізувати конструкції систем, пристроїв та компонентів мікро- та наносистемної техніки, а також технології їх виготовлення.

ПРН 12 Будувати і досліджувати фізичні, математичні і комп'ютерні моделі об'єктів та процесів мікро- та наноелектроніки.

ПРН 18 Досліджувати нові та використовувати існуючі методи аналізу, синтезу і ідентифікації характеристик і параметрів засобів мікро- та наносистемної техніки, біомедичних електронних приладів і систем.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Дисципліна базується на знаннях, набутих під час вивчення вищої математики, спеціальних розділів фізики, фізичної хімії, біофізики, обчислювальної математики. Подальший розвиток курс отримує під час проведення досліджень, пов'язаних з дипломним проектуванням та підготовки докторів філософії.

3. Зміст навчальної дисципліни

Тема 1. Системний аналіз

Тема 2. Простіші математичні моделі

Тема 3. Аналогія при побудові моделей

Тема 4. Ієрархічні підходи до отримання моделей

Тема 5. Універсальність математичних моделей та їх обмеження

Тема 6. Моделі побудовані на базі фундаментальних законів природи

Тема 7. Варіаційний принцип

Тема 8. Основні типи рівнянь, що використовуються в якості компонентів математичних моделей

Тема 9. Нелінійність та неоднорідність в математичних моделях

Тема 10. Детерміновані та ймовірнісні моделі.

Тема 11. Аналіз моделей

Тема 12. Аналітичні методи дослідження моделей

Тема 13. Вимушені коливання нелінійних систем

Тема 14. Особливості моделювання складних систем

Тема 15. Еліптичні функції

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Бобик, Омелян Іванович, автор. Рівняння математичної фізики (практикум) : навчальний посібник / О.І. Бобик, І.О. Бобик, В.В. Литвин ; Міністерство освіти і науки України. - Львів : "Новий Світ-2000", 2019. - 256 с
2. Рівняння математичної фізики: основні методи, приклади, задачі : навчальний посібник для студентів, які навчаються за спеціальністю 111 "Математика" / С.Д. Івасишен, В.П. Лавренчук, Т.І. Готинчан, Л.М. Мельничук ; Міністерство освіти і науки України, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського". - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. - 210 с.
3. Рівняння математичної фізики: основні методи, приклади, задачі : навчальний посібник для студентів фізико-математичних та інженерно-технічних спеціальностей / С.Д. Івасишен [та ін.]. - Чернівці : Родовід, 2016. - 210, [1] с
4. Диференціальні рівняння та рівняння математичної фізики : підручник / Г.П. Лопушанська, О.М. Бугрій, А.О. Лопушанський ; Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України, Львівський національний університет імені Івана Франка. - Львів : І.Е. Чижиков, 2012. - 361 с
5. Вища математика з комп'ютерною підтримкою. Рівняння математичної фізики : навч. посіб. / В.А. Петрук, М.Б. Ковальчук, Н.В. Сачанюк-Кавецька ; М-во освіти і науки, молоді та спорту України, Вінницький нац. техн. ун-т. - Вінниця : ВНТУ, 2012. - 156 с.
6. Теорія систем та системний аналіз : курс лекцій для здобувачів вищої освіти, які навчаються на другому (магістерському) рівні за спеціальностями 261 "Пожежна безпека", 263 "Цивільна безпека" / В.В. Тютюник, О.О. Писклакова ; Національний університет цивільного захисту України, Кафедра управління та організації діяльності у сфері цивільного захисту. - Харків : Друкарня Мадрид, 2020. - 104 с
7. Теория систем и системный анализ : учебное пособие / Л.В. Кузьменко, С.И. Кондрашов, Н.Е. Сергиенко, М.И. Гасанов, Н.Н. Павлова ; Министерство образования и науки Украины, Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт". - Харьков : А.М. Панов, 2019. - 243 с

Допоміжна література

1. Самарський А.А., Михайлов А.П. Математичне моделювання. Ідеї. Методи. приклади. - 2-ге вид., Випр. – "Фізматліт", 2001. - 320с.
2. Тихонов А.Н., Самарський А.А. Рівняння математичної фізики. - М.: Наука, 1972.-736с.

3. Лошицький П.П. *Моделювання біофізичних процесів. Вступ до синергетики.*[текст]: Навчальний посібник /П.П.Лошицький, М.О.Ніколов – Київ.: НТУУ«КПІ», 2014.-412с. ISBN 978-966-622-614-6
4. М.Д. Гераїмчук, Ю.Ф. Лазарев, Т.О. Толочко *Моделювання систем у середовищі MATLAB-SIMULINK: Комп'ютерний практикум.* – К.:, 2006. – 175с.
5. Лазарев Ю. Ф. *Моделювання динамічних систем у Matlab. Електронний навчальний посібник.* – Київ: НТУУ "КПІ", 2011. – 421 с.

3. Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з дисципліни згідно з робочим навчальним планом.

Форма навчання	Кредитні модулі	Разом		Розподіл навчального часу за видами занять						Семестрова атестація
		кредитів	годин	Лекції	Практичні (семінарські) заняття	Лабораторні роботи	Модульні контрольні роботи	С	СР	
Денна	1	4	120	36	18	-	3	66	3	Екзамен – 3 години

Таблиця. Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
Тема 1. Системний аналіз	
1.	<p>Лекція: Вступ. Основні особливості курсу. Його зв'язки з різними науками. Підходи до системного аналізу.</p> <p>Література основна: 6, 7; допоміжна: 1, 2, 6. Дидактичні засоби: презентація MS PowerPoint Завдання на СРС: Вивчення матеріалу лекції.</p>
Тема 2. Простіші математичні моделі	
2.	<p>Лекція: Закони збереження маси, енергії, часток, імпульсу. Основні рівняння. Моделювання. Якісна неоднорідність. Неоднорідність у часі.</p> <p>Література основна: 1-4 ; допоміжна: 1, 2. Дидактичні засоби: презентація MS PowerPoint Завдання на СРС: Вивчення матеріалу лекції.</p>
Тема 3. Аналогія при побудові моделей	
3.	<p>Лекція: Структурно-функціональні принципи. Адекватність конструкції моделей. Компенсація сили тяжіння. Принципи динамічного функціонування. Принцип найменшої взаємодії.</p> <p>Література основна: 1, 2; допоміжна: 1, 2. Дидактичні засоби: презентація MS PowerPoint Завдання на СРС: Вивчення матеріалу лекції.</p>
Тема 4. Ієрархічні підходи до отримання моделей	

4.	<p><i>Лекція: Принцип «матрьошки». Моделювання комбінованих систем. Об'єктне програмування</i></p> <p><i>Література основна: 1-6; допоміжна: 1, 2.</i> <i>Дидактичні засоби: презентація MS PowerPoint</i> <i>Завдання на СРС: Вивчення матеріалу лекції.</i></p>
Тема 5. Універсальність математичних моделей та їх обмеження	
5.	<p><i>Лекція: Однаковість рівнянь для моделей різних систем. Приклади.</i></p> <p><i>Література основна: 1-6; .допоміжна 3:</i> <i>Дидактичні засоби: презентація MS PowerPoint</i> <i>Завдання на СРС: Вивчення матеріалу лекції.</i></p>
Тема 6. Моделі побудовані на базі фундаментальних законів природи	
6.	<p><i>Лекція: Збереження речовини у фізичних та хімічних системах і процесах. Збереження енергії</i></p> <p><i>Література основна: 1-3; допоміжна – 1, 2</i> <i>Дидактичні засоби: презентація MS PowerPoint</i> <i>Завдання на СРС: Вивчення матеріалу лекції.</i></p>
Тема 7. Варіаційний принцип	
7.	<p><i>Лекція: Варіаційний принцип та закони збереження у механіці. Рівні впливу. Особливості. Гамільтоніан. Особливості механічних систем</i></p> <p><i>Література основна: 1-3; .допоміжна 1, 2</i> <i>Дидактичні засоби: презентація MS PowerPoint</i> <i>Завдання на СРС: Вивчення матеріалу лекції.</i></p>
Тема 8.. Основні типи рівнянь, що використовуються в якості компонентів математичних моделей	
8.	<p><i>Лекція: Класифікація диференціальних рівнянь. Види диференціальних рівнянь. Диференціальні рівняння вищих порядків</i></p> <p><i>Література основна: 1- 4; допоміжна 1-6</i> <i>Дидактичні засоби: презентація MS PowerPoint</i> <i>Завдання на СРС: Вивчення матеріалу лекції.</i></p>
Тема 9. Нелінійність та неоднорідність в математичних моделях	
9.	<p><i>Лекція: Про нелінійності математичних моделей. Дисипативні системи. Деякі моделі простих нелінійних об'єктів. Моделі, які описуються диференціальними рівняннями з частковими похідними</i></p> <p><i>Література основна: 1-2; .допоміжна 4-6</i> <i>Дидактичні засоби: презентація MS PowerPoint</i> <i>Завдання на СРС: Вивчення матеріалу лекції.</i></p>
Тема 10. Детерміновані та ймовірнісні моделі.	
10.	<p><i>Лекція: Детерміновані та ймовірнісні моделі. Приклади ймовірнісних моделей. «Спінове-скло» модель еволюції</i></p> <p><i>Література основна: 1, 2; допоміжна 3</i> <i>Дидактичні засоби: презентація MS PowerPoint</i> <i>Завдання на СРС: Вивчення матеріалу лекції.</i></p>
11.	<p><i>Лекція: Модель еволюції гіперциклов М.Ейгена і П.Шустера</i></p> <p><i>Література основна: 1, 2.</i> <i>Дидактичні засоби: презентація MS PowerPoint</i> <i>Завдання на СРС: Вивчення матеріалу лекції.</i></p>

	Тема 11. Аналіз моделей
12.	<p>Лекція: Методи побудови і дослідження рішень . Асимптотичний розклад. Автомодельні розв'язання. Вибір точності розв'язання. З'ясування точності розв'язання. Критерії і характеристики адекватності моделювання</p> <p>Література основна: 1, 2. допоміжна: 4-6 Дидактичні засоби: презентація MS PowerPoint Завдання на СРС: Вивчення матеріалу лекції.</p>
	Тема 12. Аналітичні методи дослідження моделей
13.	<p>Лекція: Метод збурень. Реверсивний метод. Метод варіації параметрів. Приклади.</p> <p>Література основна: 6, 7. допоміжна: 1-3 Дидактичні засоби: презентація MS PowerPoint Завдання на СРС: Вивчення матеріалу лекції.</p>
14.	<p>Лекція: Особливі рішення диференціальних рівнянь. Приклади.</p> <p>Література основна: 1, 2. допоміжна: 1, 2 Дидактичні засоби: презентація MS PowerPoint Завдання на СРС: Вивчення матеріалу лекції.</p>
	Тема 13. Вимушені коливання нелінійних систем
15.	<p>Лекція: Приклади фізичних задач. Принципи гармонічного балансу для коливальних систем. Метод ітерацій.</p> <p>Література основна: 5. допоміжна: 4-6 Дидактичні засоби: презентація MS PowerPoint Завдання на СРС: Вивчення матеріалу лекції.</p>
	Тема 14. Особливості моделювання складних систем
16.	<p>Лекція: Особливості моделювання складних систем. САД-системи.</p> <p>Література основна: 1, 2. допоміжна: 4-6 Дидактичні засоби: презентація MS PowerPoint Завдання на СРС: Вивчення матеріалу лекції.</p>
17.	<p>Лекція: Моделювання складних систем в Simulink. Загальні принципи. Приклади</p> <p>Література основна: 3; допоміжна: 4 Дидактичні засоби: презентація MS PowerPoint Завдання на СРС: Вивчення матеріалу лекції.</p>
	Тема 15. Еліптичні функції
18.	<p>Лекція: Рівняння, які приводять до еліптичних функцій. Властивості еліптичних функцій. Еліптичні функції Якобі</p> <p>Література основна: 3. допоміжна: 4 Дидактичні засоби: презентація MS PowerPoint Завдання на СРС: Вивчення матеріалу лекції.</p>

Практичні заняття

Метою практичних занять є вивчення та засвоєння принципів побудови математичних моделей, впливу різних механізмів на тип моделей, щоб знати - основні механізми та наслідки їх впливу на структуру моделей та оволодіти – технікою та методами складання та дослідження математичних моделей складних систем.

Таблиця. Практичні заняття

№ з/п	Тема практичних/лабораторних занять	Годин
1.	Моделі, що отримані з фундаментальних законів природи Відхилення зарядженої частки в електронно-променевої трубці. Методи рішення диференційних рівнянь методом відокремлення змінних та заміною змінних.	2
2.	Знайомство з Simulink. Інтерфейс середовища Simulink. Побудова інтегратора	2
3.	Знайомство з Simulink. Дослідження системи Лоренца	2
4.	Підсистеми в Simulink Моделювання, використовуючи підсистеми та порівняння моделювання за різними методами на прикладі електронних кіл	4
5.	Отримання навичок в об'єктно орієнтованому програмуванні (ООП).	2
6.	Особливості моделей теплопередачі. Моделювання в середовищі Matlab. Моделі теплопередачі. Конвекція. Застосування ООП.	4
7.	Деякі властивості рівняння Бусінеська, гідро (гемодинаміка). Моделювання в середовищі Matlab. Задача Коші. Перехід до рівняння Лапласа. Рівняння дифузії.	2

6. Самостійна робота студента/аспіранта

На протязі всього навчального часу студенти виконують індивідуальні завдання у формі РГР. До самостійного поглибленого вивчення студентам пропонується наступні теми:

4. Рівняння гіперболічного типу.
5. Рівняння параболічного типу.
6. Рівняння еліптичного типу.
7. Метод кінцевих різностей
8. Відпрацювання методів аналітичного рішення диференційних рівнянь

9. Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог до студента :

- відвідування занять (як лекцій, так і практичних/лабораторних) - обов'язкові;
- правила поведінки на заняттях - активність, підготовка коротких доповідей чи текстів;
- правила захисту лабораторних робіт – своєчасність виконання, засвоєння матеріалу;
- правила захисту індивідуальних завдань – своєчасність виконання, засвоєння матеріалу ;
- правила призначення заохочувальних та штрафних балів: штрафні бали – за вкрай несвоєчасне виконання завдань; заохочувальні бали – за виконання додаткових індивідуальних завдань ;
- політика дедлайнів та перескладань – за розкладом;
- політика щодо академічної доброчесності – взаємоповага.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Система рейтингових балів та критерії оцінювання

1. Практичні роботи

Ваговий бал – 5.

Максимальна кількість балів за всі практичні/лабораторні заняття дорівнює 7 балів · 5 = 35 балів.

2. РГР або реферат

«відмінно» – 10..9 балів;

«добре» – 8..7 балів;

«задовільно» – 6..5 балів;

«незадовільно» – 0 балів.

3. Контрольні роботи.

Ваговий бал за кожне завдання – 5. Максимальна кількість балів за всі контрольні роботи дорівнює 5 балів · 2 = 10 балів.

5 - правильна відповідь;

4 - правильна відповідь з незначними помилками;

3 - правильна відповідь з значними помилками;

2 - неправильна відповідь з елементами правильної;

1 - наявність спроб надати правильну відповідь;

0 - неправильна відповідь або відсутність відповіді.

4. Екзамен

Максимальна кількість балів – 45

45 - правильні відповідь;

39..44 - правильна відповідь з незначними неточностями;

29..38 - правильна відповідь з значними неточностями;

20..28 - неправильна відповідь з елементами правильної;

1..19 - наявність спроб надати правильну відповідь;

0 - неправильна відповідь або відсутність відповіді.

Загальна максимальна кількість балів – 45+10+10+35=100.

Кількість балів	Оцінка
більше 95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль: відповідно до тематики лекційних занять.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцент кафедри, к.т.н., с.н.с. Ніколов М.О.

Ухвалено кафедрою ЕІ (протокол № 34 від 22.06.2022)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 06/2022 від 29.06.2022)