



# 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><a href="http://rozklad.kpi.ua/">http://rozklad.kpi.ua/</a></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@i111.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)
<b>Тема 1. Системний аналіз</b>	
1.	Лекція: Вступ. Основні особливості курсу. Його зв'язки з різними науками. Підходи до системного аналізу.  Література основна: 6, 7; допоміжна: 1, 2, 6. Дидактичні засоби: презентація MS PowerPoint Завдання на СРС: Вивчення матеріалу лекції.
<b>Тема 2. Простіші математичні моделі</b>	
2.	Лекція: Закони збереження маси, енергії, часток, імпульсу. Основні рівняння. Моделювання. Якісна неоднорідність. Неоднорідність у часі.  Література основна: 1-4 ; допоміжна: 1, 2. Дидактичні засоби: презентація MS PowerPoint Завдання на СРС: Вивчення матеріалу лекції.
<b>Тема 3. Аналогія при побудові моделей</b>	
3.	Лекція: Структурно-функціональні принципи. Адекватність конструкції моделей. Компенсація сили тяжіння. Принципи динамічного функціонування. Принцип найменшої взаємодії.  Література основна: 1, 2; допоміжна: 1, 2. Дидактичні засоби: презентація MS PowerPoint Завдання на СРС: Вивчення матеріалу лекції.
<b>Тема 4. Ієрархічні підходи до отримання моделей</b>	

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>
<b>Тема 5. Універсальність математичних моделей та їх обмеження</b>	
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>
<b>Тема 6. Моделі побудовані на базі фундаментальних законів природи</b>	
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>
<b>Тема 7. Варіаційний принцип</b>	
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>
<b>Тема 8.. Основні типи рівнянь, що використовуються в якості компонентів математичних моделей</b>	
8.	<p><i>Лекція: Класифікація диференційних рівнянь. Види диференційних рівнянь. Диференційні 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>
<b>Тема 9. Нелінійність та неоднорідність в математичних моделях</b>	
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>
<b>Тема 10. Детерміновані та ймовірнісні моделі.</b>	
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>



	<b>Тема 11. Аналіз моделей</b>
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>
	<b>Тема 12. Аналітичні методи дослідження моделей</b>
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>
	<b>Тема 13. Вимушені коливання нелінійних систем</b>
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>
	<b>Тема 14. Особливості моделювання складних систем</b>
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>
	<b>Тема 15. Еліптичні функції</b>
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 № 31 від 21.06.2023)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 06/23 від 29.06.2023)