



# МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### • Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	12 Інформаційні технології
Спеціальність	122 Комп'ютерні науки
Освітня програма	Комп'ютерні науки
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	2 курс осінній семестр
Обсяг дисципліни	4 кредити (120 год) 36 лек. 18 лаб. 66 СРС
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік, мкр
Розклад занять	Науково-педагогічний працівник
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.т.н., доцент, Шушура Олексій Миколайович, <a href="mailto:leshu@i.ua">leshu@i.ua</a> , тел. 050-470-15-67 Лабораторні: д.т.н., доцент, Шушура Олексій Миколайович, <a href="mailto:leshu@i.ua">leshu@i.ua</a> , тел. 050-470-15-67
Розміщення курсу	Google classroom, Кампус

### • Програма навчальної дисципліни

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

Знання математичних методів та алгоритмів при моделюванні дозволяють створювати програмне забезпечення до потреб ринку в різних галузях промисловості, що пов'язані з розв'язанням практичних задач та дослідженнями енергетичних процесів, що може бути впроваджено в різні сфери людської діяльності, наприклад, у будівництві, архітектурі, техніці, при створенні сцен комп'ютерних ігор, 3-D моделюванні.

**Метою** дисципліни є вивчення загальних підходів до створення математичних моделей, в тому числі енергетичних процесів та систем, використання математичних методів при розв'язанні математичних та фізичних задач шляхом створення відповідних програмних застосувань.

**Завдання.** В результаті вивчення дисципліни у студентів повинні сформуватися наступні компетентності:

*загальні:*

- здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК 1),
- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК 2).

*фахові:*

- здатність використовувати математичні методи для аналізу формалізованих моделей предметної області (ФК 3),

- здатність застосовувати існуючі і розробляти нові алгоритми розв'язування задач у галузі комп'ютерних наук (ФК 6),
- здатність до математичного формулювання та досліджування неперервних та дискретних математичних моделей, обґрунтування вибору методів і підходів для розв'язування теоретичних і прикладних задач у галузі комп'ютерних наук, аналізу та інтерпретування),
- здатність використовувати сучасні методи математичного моделювання об'єктів, процесів і явищ, розробляти моделі й алгоритми чисельного розв'язування задач математичного моделювання, враховувати похибки наближеного чисельного розв'язування професійних задач,
- здатність застосовувати теоретичні та практичні основи методології та технології моделювання для дослідження характеристик і поведінки складних об'єктів і систем, проводити обчислювальні експерименти з обробкою й аналізом результатів,
- здатність розробляти програмне забезпечення для вирішення задач математичного моделювання та управління в енергетиці.

Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі програмні результати навчання:

- використовувати сучасний математичний апарат неперервного та дискретного аналізу, лінійної алгебри, аналітичної геометрії, в професійній діяльності для розв'язання задач теоретичного та прикладного характеру в процесі проектування та реалізації об'єктів інформатизації,
- вміти складати алгоритми чисельних розрахунків та математичні моделі фізичних явищ і процесів, процесів управління,
- вміти використовувати методи наближеного розв'язання математичних задач,
- вміти розробляти алгоритми та програмне забезпечення для розв'язання задач математичного моделювання енергетичних процесів,
- знати і застосовувати існуюче програмне забезпечення для розв'язання задач математичного моделювання енергетичних процесів.

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

**Пререквізити дисципліни.** Знання та вміння, отримані на попередньому освітньому рівні (бакалавр) при вивченні дисциплін: «Математичний аналіз», «Аналітична геометрія та лінійна алгебра», «Теорія ймовірностей, ймовірнісні процеси та математична статистика», «Дискретна математика», «Алгоритмізація та програмування», «Чисельні методи», «Дослідження операцій».

**Постреквізити дисципліни.** Отримані знання при вивченні дисципліни «Математичне моделювання енергетичних процесів» формує базові знання та вміння для вивчення дисциплін, пов'язаних з моделюванням, чисельним розв'язком обчислювальних задач та розробки програмного забезпечення.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

Розділ 1. Теорія математичного моделювання

Тема 1.1. Основи математичного моделювання

Тема 1.2. Методика математичного моделювання процесів та систем

Розділ 2. Моделювання стаціонарних систем в енергетиці

Тема 2.1. Аналітичне статичне моделювання

Тема 2.2. Оптимальне управління стаціонарними системами

Тема 2.3. Імітаційне статистичне моделювання

Розділ 3. Моделювання нестаціонарних систем в енергетиці

Тема 3.1. Моделювання нестаціонарних систем з зосередженими параметрами

Тема 3.2. Моделювання нестаціонарних систем з розподіленими параметрами

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

##### **Основна література**

1. Р. Н. Кветний., І. В. Богач, О. Р. Бойко, О. Ю. Софіна, О.М. Шушура. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень. Частина 1:– Вінниця: ВНТУ, 2013.– 191с.
2. Р. Н. Кветний., І. В. Богач, О. Р. Бойко, О. Ю. Софіна, О.М. Шушура. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень. Частина 2:– Вінниця: ВНТУ, 2013.– 235с.
3. Комп'ютерне моделювання процесів та систем. Чисельні методи : підручник / С.П. Вислоух, О.В. Волошко, Г.С. Тимчик, М.В. Філіппова. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2021. – 228 с. ISBN 978-966-990-028-9.
4. Нефьодов, Ю. М. Методи оптимізації в прикладах і задачах [Текст] : навч. посіб. / Ю. М. Нефьодов, Т. Ю. Балицька. – К. : Кондор, 2011. – 324 с.
5. Павленко П.М. Основи математичного моделювання систем і процесів: навч.посіб./ П. М.Павленко – К.: Книжкове вид-во НАУ, 2013. – 201 с.
6. Математичні методи дослідження операцій : підручник / Є. А. Лавров, Л. П. Перхун, В. В. Шендрик та ін. – Суми : Сумський державний університет, 2017. – 212 с.
7. Дубовой В. М. Моделювання та оптимізація систем: підручник/ В. М.Дубовой, Р. Н. Кветний, О. І.Михальов, А. В. Усов – Вінниця: ПП «ТДЕдельвейс», 2017. –804. с.
8. Кузяєв І.М. Основи комп'ютерного моделювання технічних систем : навчальний посібник / І.М. Кузяєв, В.І. Ситар. - Дніпро : ДВНЗ УДХТУ, 2020. - 392 с.
9. Обод І.І. Математичне моделювання систем : навчальний посібник для студентів спеціальностей "Комп'ютерна інженерія", "Комп'ютерні науки та інформаційні технології" / І.І. Обод, Г.Е. Заволодько, І.В. - Харків : Друкарня Мадрид, 2019. - 267 с.

##### **Додаткова література**

10. Лук'яненко С.О. Чисельні методи в інформатиці: навч. Посіб. / С.О.Лук'яненко // К.: Політехніка, 2007. – 140с.
11. Бартіш М.Я. Дослідження операцій. Ч.1. Лінійні моделі : підручник / Бартіш М.Я., Дудзяний І.М. – Львів : Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2007. – 168 с..
12. Вітлінський В.В. Економіко-математичні методи та моделі: оптимізація : навч. посібник /Вітлінський В. В., Терещенко Т. О., Савіна С. С. – К.: КНЕУ, 2016.–303 с.
13. Верлань А.Ф. Числові методи розв'язання диференціальних рівнянь: навч.посіб. / А.Ф. Верлань, С.О. Лук'яненко. – К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 172 с. . ISBN 978-966-622-620-7.
14. Основи теорії і методів оптимізації: /М.І. Жалдак, В.Триус – Черкаси: Брама-Україна, 2005. – 607с.
15. Томашевский В.М. Моделювання систем.– К.:Видавнича група BHV,2005.–352с.
16. Соколовський Я.І. Моделювання систем у GPSS WORLD : навчальний посібник / Я.І. Соколовський, Ю.В. Шабатура, Я.І. Вихлюк, І.М. Крошній, М.В. Дендюк. - Львів : Видавництво "Новий Світ-2000", 2021. - 288 с.
17. Міхайленко В.М. Математичне та імітаційне моделювання систем масового обслуговування : навчальний посібник для студентів спеціальностей 122 "Комп'ютерні науки" і 126 "Інформаційні системи та технології" / В.М. Міхайленко, О.В. Горда. - Київ : КНУБА, 2019. - 216 с.
18. Математичне моделювання процесів і систем [Електронний ресурс] : Навч. посіб. / А. І. Жученко, Л. Р. Ладієва, М. С. Піргач, Я. Ю. Жураковський. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 351 с.

## 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Розділ 1. Теорія математичного моделювання

Тема 1.1. Основи математичного моделювання

Лекція 1. Вступ до математичного моделювання

Вступ до курсу лекцій. Класифікація моделей та методи моделювання процесів і систем. Особливості математичного моделювання та комп'ютерних обчислень. Похибки та властивості обчислювальних алгоритмів.

Лекція 2. Системний підхід як основа моделювання

Визначення та властивості систем. Класифікація систем. Види ресурсів у системах. Основи системного підходу.

Тема 1.2. Методика математичного моделювання процесів та систем

Лекція 3. Методика моделювання.

Аналіз характеристик об'єкта моделювання, постановка задачі, концептуальна модель, класифікація змінних, розробка структури математичної моделі та її параметрична ідентифікація, оцінка адекватності моделі.

Розділ 2. Моделювання стаціонарних систем

Тема 2.1 Аналітичне статичне моделювання

Лекція 4. Методика аналітичного статичного моделювання

Постановка задачі моделювання. Основні етапи побудови моделі. Проведення експерименту, типи експериментів. Аналіз статистичних даних. Розрахунок кореляційної матриці, побудова гістограм.

Лекція 5. Ідентифікація параметрів та оптимізація статичних моделей

Застосування методу найменших квадратів для лінійної моделі. Оцінки якості моделей. Побудова нелінійних статичних моделей. Каскадний регресійний аналіз.

Тема 2.2 Оптимальне управління стаціонарними системами

Лекція 6. Характеристика задач та методів оптимального управління стаціонарними системами.

Узагальнена постановка задачі управління стаціонарними системами. Класифікація задач оптимального управління та характеристика методів розв'язку. Багатокритеріальна оптимізація.

Лекція 7. Основи теорії ігор

Основні визначення теорії ігор. Постановка задачі прийняття рішень в умовах конфлікту. Класифікація ігор. Матрична гра двох осіб з нульовою сумою, її розв'язок у чистих стратегіях.

Лекція 8. Вирішення задач теорії ігор в змішаних стратегіях.

Поняття матричної гри в змішаних стратегіях. Зведення матричної гри до задачі лінійного програмування. Ігри з природою.

Тема 2.3. Імітаційне статистичне моделювання

Лекція 9. Особливості імітаційного статистичного моделювання

Комп'ютерне моделювання псевдовипадкових числових послідовностей з заданими характеристиками. Кількість реалізацій та точність обчислень.

Розділ 3. Моделювання нестаціонарних систем в енергетиці

Тема 3.1. Моделювання нестаціонарних систем з зосередженими параметрами

Лекція 10. Методика моделювання нестаціонарних систем з зосередженими параметрами

Постановка задачі моделювання. Концептуальна модель. Формалізація моделі у вигляді задачі Коші або крайової задачі. Приклад.

Лекція 11. Однокрокові методи розв'язку моделі у вигляді задачі Коші. Метод Ейлера.

Постановка задачі Коші для звичайного диференційного рівняння та для їх систем. Особливості чисельного розв'язання задачі Коші. Простий явний метод Ейлера для одного рівняння та для систем рівнянь. Приклад.

Лекція 12. Однокрокові методи розв'язку моделі у вигляді задачі Коші. Методи Рунге-Кутта. Метод Рунге-Кутта для одного рівняння та для систем рівнянь. Приклад. Зведення задачі Коші для диференційного рівняння високого порядку до задачі Коші для системи диференціальних рівнянь першого порядку. Автоматичний вибір кроку при розв'язку задачі Коші

Лекція 13. Багатокрокові методи розв'язання моделі у вигляді задачі Коші. Багатокрокові методи. Методи Адамса-Башфорта. Метод прогнозу та корекції Адамса 4-го порядку точності. Порівняльний аналіз методів розв'язку задачі Коші.

Лекція 14. Ідентифікація динамічних моделей  
Постановка задачі. Критерії похибки. Метод двох моделей. Чисельні методи ідентифікації.

Лекція 15. Модель крайової задачі для звичайних диференціальних рівнянь.  
Постановка задачі. Метод стрільби. Різницева схема. Алгоритм і програма.

Тема 3.2. Моделювання нестационарних систем з розподіленими параметрами

Лекція 16. Модель крайової задачі для рівнянь у частинних похідних.  
Постановка задачі. Класифікація моделей у вигляді рівнянь у частинних похідних другого порядку. Рівняння параболічного, еліптичного та гіперболічного типу. Метод сіток.

Тема 3.3. Оптимальне управління нестационарними системами

Лекція 17. Характеристика задач та методів оптимального управління нестационарними системами.  
Постановка задачі управління нестационарними системами. Принцип оптимальності Беллмана. Алгоритм розв'язку задачі динамічного програмування.

Лекція 18. Інструментальні засоби математичного моделювання.  
Моделювання з використанням математичних пакетів. Програмні пакети для імітаційного моделювання.

## **6. Самостійна робота студента**

На самостійну роботу відведено наступні види робіт: освоєння лекційних матеріалів ( 9 годин), підготовка до практичних занять (18 годин), підготовка до МКР(3 години). Також передбачається вивчення базової літератури та самостійне освоєння нижченаведених тем (36 годин).

### **Розділ 1. Теорія математичного моделювання**

Особливості комп'ютерного виконання арифметичних операцій  
Моделювання та системний аналіз  
Види оцінок похибки моделювання

### **Розділ 2. Моделювання стаціонарних систем**

Статистична обробка експериментальних даних  
Поняття регресії

Застосування пакету Microsoft Excel «Пошук рішень» для розв'язку задач математичного програмування.

Домінування стратегій гравців  
Методи вирішення матричної гри в змішаних стратегіях  
Комп'ютерна модель розрахунку значень функцій на основі ступеневих рядів

### **Розділ 3. Моделювання нестационарних систем**

Дискретні динамічні моделі  
Геометрична інтерпретація методу Ейлера  
Геометрична інтерпретація методу Рунге-Кутта.  
Методи контролю точності розв'язання задачі Коші багатокроковими методами.  
Методи ідентифікації другого порядку  
Метод Галеркіна.  
Стойкість методів розв'язку рівнянь у частинних похідних.  
Застосування динамічного програмування в економічних задачах енергетики.  
Системи автоматизованого проектування.

## 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Відвідування лекційних та лабораторних занять є обов'язковим за винятком поважних причин (хвороби, форс-мажорних обставин).

В разі пропущення занять з поважних причин викладач надає можливість студенту виконати усі або деякі завдання лабораторних занять (винятком є виконання деяких завдань у зв'язку із закінченням навчального процесу).

В разі пропущення занять без поважних причин, а також через порушення граничного терміну виконання завдання (deadline) студент може отримати зменшену кількість балів від максимальної оцінки за відповідне завдання.

Протягом семестру студенти:

- виконують та захищають лабораторні роботи у відповідні терміни,
- пишуть модульну контрольну роботу,
- повинні позитивно закрити дві атестації,
- по закінченні навчального процесу складають залік.

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

Норми етичної поведінки Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

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

### **Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання**

Максимальна кількість балів з кредитного модуля дорівнює 100.

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує за:

- виконання та захист лабораторних робіт,
- модульну контрольну роботу (МКР) тривалістю 1 акад. година.

### **Виконання лабораторних робіт**

Завдання лабораторної роботи являє собою індивідуальне виконання робіт, що пов'язані з моделюванням та рішенням на EOM заданої задачі математичного моделювання.

Вагові бали завдань наведено у таблиці.

<i>Види завдань</i>	<i>Внесок до семестрового рейтингу балів</i>
Завдання №1. Статистичне моделювання	15
Завдання №2. Моделювання та прийняття рішень в умовах конфлікту	15
Завдання №3. Математичне моделювання нестационарних процесів	15
Завдання №4. Параметрична ідентифікація моделей	15

Максимальна кількість балів за всі завдання дорівнює 60 балів.

## Критерії оцінювання

**Підготовка до роботи (у відсотках від максимальної кількості балів за відповідну роботу):**

- протокол відповідає вимогам, охайний – 20 %;
- протокол відповідає вимогам, але є чисельні виправлення – 10 %;

**Виконання завдання:**

- робота виконана повністю і вірно протягом відведеного часу – 50 %;
- робота виконана пізніше зазначеного терміну – 20 %;

**Якість захисту роботи:**

- студент вірно і повністю відповів на запитання – 30 %;
- студент при відповіді допустив несуттєві неточності – 20 %;
- студент при відповіді на запитання допустив суттєві неточності, але самостійно виправив їх – 10 %.

### **2. Модульний контроль**

Ваговий бал – 40.

Контрольна робота складається з 20 тестових завдань. За кожну вірну відповідь на запитання надається 2 бали.

Студент допускається до заліку, якщо він набрав по лабораторним роботам не менше 30 балів.

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R = 60 + 40 = 100 \text{ балів.}$$

Сума балів переводиться до залікової оцінки згідно з таблицею:

Бали (RD)	Традиційна оцінка
95..100	Відмінно
85...94	Дуже добре
75...84	Добре
65...74	Задовільно
60...64	Достатньо
RD<=60	Незадовільно
RD < 40 або не виконані інші умови допуску до заліку	Не допущений

### **Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

Складено професор, д.т.н., доцент, Шушура Олексій Миколайович

Ухвалено кафедрою ЦТЕ (протокол № 20 від 10.05.23)

Погоджено Методичною комісією НН ІАТЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 9 від 26.05.23)

Погоджено науково-методичною комісією КПІ ім. Ігоря Сікорського зі спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» (протокол № 6 від 27.06.23)

