



# КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	12 Інформаційні технології
Спеціальність	122 Комп'ютерні науки
Освітня програма	Цифрові технології в енергетиці
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	3 курс осінній семестр
Обсяг дисципліни	4 кредити (120 год) 36 лек. 18 лаб. 66 СРС
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік
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

Сучасне програмне забезпечення стає все більш інтелектуальним, надаючи користувачеві допомогу з аналізу ситуації та прийняття рішень. Комп'ютерні моделі стали звичайним інструментом і застосовуються у різних галузях. Тому висококваліфіковані фахівці в галузі інформаційних технологій мають володіти методами комп'ютерного моделювання і оптимізації для розробки програмного забезпечення автоматизованих систем управління та підтримки прийняття рішень.

**Метою** дисципліни є опанування студентами методів, алгоритмів та програмного забезпечення для розв'язку задач моделювання, управління та підтримки прийняття рішень, в тому числі методології моделювання та ідентифікації, чисельного розв'язку обчислювальних задач та задач оптимізації, основ теорії ігор, статистичного моделювання, багатокритеріальної оптимізації.

**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 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 (ФК 1),
- 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 (ФК 4),

- 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 (ФК 7),

- здатність розробляти програмне забезпечення для вирішення задач комп'ютерного моделювання та оптимізації.

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 (ПРН 2),

- використовувати знання закономірностей випадкових явищ, їх властивостей та операцій над ними, моделей випадкових процесів та сучасних програмних середовищ для розв'язування задач статистичної обробки даних і побудови прогнозних моделей (ПРН 3),

- вміти складати алгоритми чисельних розрахунків та комп'ютерні моделі фізичних явищ і процесів, що виникають в ході експлуатації енергетичного обладнання (ПРН 21),

- вміти використовувати методи наближеного розв'язання математичних задач,

- вміти розробляти алгоритми та програмне забезпечення для розв'язання задач комп'ютерного моделювання та оптимізації,

- знати і застосовувати існуюче програмне забезпечення для розв'язання задач комп'ютерного моделювання та оптимізації.

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

**Пререквізити дисципліни.** Знання та вміння, отримані при вивченні дисциплін: Математичний аналіз», «Аналітична геометрія та лінійна алгебра», «Теорія ймовірностей, ймовірнісні процеси та математична статистика», «Дискретна математика», «Алгоритмізація та програмування», «Чисельні методи в моделюванні енергетичних процесів.

**Постреквізити дисципліни.** Отримані знання при вивченні дисципліни «Комп'ютерне моделювання» формує знання та вміння для вивчення дисциплін, пов'язаних з моделюванням, чисельним розв'язком обчислювальних задач, оптимізації та розробки програмного забезпечення інформаційних систем.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

Розділ 1. Основи комп'ютерного моделювання

Тема 1.1. Теоретичні основи моделювання

Тема 1.2. Методика комп'ютерного моделювання процесів та систем

Тема 1.3. Програмні пакети комп'ютерного моделювання

Розділ 2. Статичне моделювання

Тема 2.1. Аналітичне статичне моделювання

Тема 2.2. Імітаційне статистичне моделювання

Розділ 3. Динамічне моделювання

Тема 3.1. Методика моделювання нестационарних систем з зосередженими параметрами

Тема 3.2. Однокрокові методи розв'язку задачі Коші для звичайних диференціальних рівнянь

Тема 3.3. Багатокрокові методи розв'язку задачі Коші

Тема 3.4. Модель крайової задачі для звичайних диференціальних рівнянь

Тема 3.5. Модель крайової задачі для рівнянь у частинних похідних

Тема 3.6. Ідентифікація динамічних моделей

## Розділ 4. Комп'ютерне моделювання оптимального управління

Тема 4.1. Задачі та методи управління системами

Тема 4.2. Моделі теорії ігор для задач управління в умовах конфлікту

Тема 4.3. Моделювання оптимального управління динамічними системами

### 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. Шендрік 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. Виклюк, 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.

## Навчальний контент

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

Тема 1.1. Теоретичні основи моделювання

Лекція 1. Вступ до комп'ютерного моделювання

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

Лекція 2. Системний підхід як основа комп'ютерного моделювання

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

Тема 1.2. Методика комп'ютерного моделювання процесів та систем

Лекція 3. Узагальнена методика комп'ютерного моделювання процесів та систем.

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

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. Імітаційне статистичне моделювання

Лекція 6. Особливості імітаційного статистичного моделювання

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

Тема 4.1. Задачі та методи управління системами

Лекція 7. Характеристика задач та методів оптимального управління системами.

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

Тема 4.2. Моделі теорії ігор для задач управління в умовах конфлікту

Лекція 8. 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 9. Вирішення задач теорії ігор в змішаних стратегіях.

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

Тема 3.1. Методика моделювання нестационарних систем з зосередженими параметрами

Лекція 10. Методика моделювання нестационарних систем з зосередженими параметрами

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

Тема 3.2. Однокрокові методи розв'язку задачі Коші для звичайних диференціальних рівнянь

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.

Тема 3.3. Багатокрокові методи розв'язку задачі Коші

Лекція 13. Багатокрокові методи розв'язку 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.

Тема 3.6. Ідентифікація динамічних моделей

Лекція 14. Ідентифікація динамічних моделей

Постановка задачі. Критерії похибки. Метод двох моделей. Чисельні методи ідентифікації.

Тема 3.4. Модель крайової задачі для звичайних диференціальних рівнянь

Лекція 15. Модель крайової задачі для звичайних диференціальних рівнянь.

Постановка задачі. Метод стрільби. Різницева схема. Алгоритм і програма.

Тема 3.5. Модель крайової задачі для рівнянь у частинних похідних

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 4.3. Моделювання оптимального управління динамічними 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.

Тема 1.3. Програмні пакети комп'ютерного моделювання

Лекція 18. Інструментальні засоби комп'ютерного моделювання.

Моделювання з використанням математичних пакетів. Програмні пакети для імітаційного моделювання.

## **6. Самостійна робота студента**

Самостійна робота студента (66 годин) передбачає підготовку до аудиторних занять та контрольних заходів.

Розподіл годин СРС: підготовка до лекцій: 26 годин (приблизно 1,5 години на кожен лекцію, починаючи з другої); підготовка до лабораторних робіт: 36 годин (2 години на одну лабораторну роботу); підготовка до МКР – 4 години.

## **Політика та контроль**

### **7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

Навчання за навчальною дисципліною може проводитися, як в аудиторії університету, так і дистанційно засобами Google Meet. У випадку проведення занять дистанційно, зберігається розклад та зміст усіх видів робіт, захист лабораторних робіт відбувається на відповідній конференції шляхом демонстрації екрана. Здобувачі мають вчасно підключатися до лекцій та лабораторних занять. На лекційних заняттях або під час здачі лабораторних робіт студенти мають вимкнути звук телефонів та інших пристроїв.

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

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

В разі порушення граничного терміну виконання завдання (deadline) здобувач може отримати зменшену кількість балів від максимальної оцінки за відповідне завдання.

Протягом семестру здобувачі:



- виконують та захищають лабораторні роботи у відповідні терміни,
- пишуть модульну контрольну роботу,
- повинні пройти два календарні контролю (7-8 та 14-15 тижні),
- 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 здобувачів 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.

Поточний рейтинг здобувача з дисципліни складається з балів, що він отримує за:

- виконання та захист завдань лабораторних робіт;
- модульну контрольну роботу (МКР).

#### **Виконання лабораторних робіт**

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

Вагові бали завдань наведено у таблиці.

<i>Види завдань</i>	<i>Максимальний внесок до семестрового рейтингу балів</i>
Завдання №1. Комп'ютерне статистичне моделювання	15
Завдання №2. Комп'ютерна модель прийняття рішень в умовах конфлікту	15
Завдання №3. Комп'ютерне моделювання нестационарних систем	15
Завдання №4. Параметрична ідентифікація моделей нестационарних систем	15

Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи 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 повністю і протягом відведеного часу, але містить незначні помилки – 40%;
- робота виконана пізніше зазначеного терміну, повністю і вірно – 30 %;
- робота виконана пізніше зазначеного терміну, містить незначні помилки – 20 %;

#### ***Якість захисту роботи:***

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

Якщо робота виконана не повністю або містить грубі помилки, або сума набраних балів менше 60%, то здобувач має виправити недоліки та захистити її повторно.

## **2. Модульний контроль**

Ваговий бал – 40.

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

Максимальна сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R = 60 + 40 = 100 \text{ балів.}$$

Умовою отримання позитивної оцінки з календарного контролю з навчальної дисципліни (освітнього компонента) є значення поточного рейтингу здобувача не менше, ніж 50 % від максимально можливого на час проведення такого контролю.

### **Проведення заліку**

Для допуску до заліку здобувач має здати всі лабораторні роботи з дисципліни або мати поточний рейтинг не менше 60 балів.

Здобувачі, які виконали умови допуску до заліку та мають поточну рейтингову оцінку 60 і більше балів, отримують відповідну до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань.

Зі здобувачами, які виконали умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку менше 60 балів, а також з тими здобувачами, хто бажає підвищити свою рейтингову оцінку, на останньому за розкладом занятті з дисципліни в семестрі проводиться семестровий контроль у вигляді заліку.

Відповідь на заліку оцінюється у 100 балів. Залікова контрольна робота складається з трьох завдань. Також екзаменатор задає два додаткових питання по змісту навчальної дисципліни.

Система оцінювання завдань:

- правильна повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації, помилки відсутні) – 27-30 балів;
- достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 23-27 балів;
- неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації або деякі помилки, які самостійно виправляються здобувачем) – 18-22 бали;
- незадовільна відповідь – 0 балів.

Оцінювання додаткових питань:

- повна правильна відповідь -5 балів
- неповна правильна відповідь – 3-4 бали
- неправильна відповідь або її відсутність – 0 балів.

Якщо оцінка за залікову контрольну роботу менша ніж за поточним рейтингом, то попередній рейтинг здобувача скасовується і він отримує оцінку з урахуванням результатів залікової контрольної роботи.

Таблиця переведення рейтингових балів у оцінку за університетською шкалою:

<b>Кількість балів</b>	<b>Оцінка</b>
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

## **9. Визнання результатів навчання, набутих у неформальній /інформальній освіті**

Визнання результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті здійснюється відповідно до положення [https://osvita.kpi.ua/sites/default/files/downloads/pol\\_neform-inform-osvita\\_2023.pdf](https://osvita.kpi.ua/sites/default/files/downloads/pol_neform-inform-osvita_2023.pdf).

У випадку проходження здобувачем курсу <https://www.coursera.org/learn/regression-models> він звільняється від виконання завдання лабораторної роботи 1 та отримує за неї максимальний бал.

У випадку проходження здобувачем курсу <https://www.coursera.org/learn/game-theory-1> він звільняється від виконання завдання лабораторної роботи 2 та отримує за неї максимальний бал.

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

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

**Ухвалено** кафедрою ЦТЕ (протокол № 21 від 30.05.24)

**Погоджено** Методичною комісією НН ІАТЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 9 від 31.05.24)