



## НАЗВА КУРСУ

# Методи дослідження складних систем та процесів

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський) / Третій (освітньо-науковий)
Галузь знань	12 Інформаційні технології
Спеціальність	122 Комп'ютерні науки
Освітня програма	Біомедична кібернетика_1: Аналіз складних систем та процесів
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	5 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	4 кредити ЄКТС. . 150 годин
Семестровий контроль/ контрольні заходи	залік/контрольні роботи
Розклад занять	Згідно розкладу на сайті <a href="http://rozklad.kpi.ua/">http://rozklad.kpi.ua/</a>
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: доктор технічних наук, доцент Зеленський Кирило Харитонович, тел. 0971693501, E-mail: zelensky126@ukr.net Практичні: доктор технічних наук, доцент Зеленський Кирило Харитонович, тел. 0971693501, E-mail: zelensky126@ukr.net
Розміщення курсу	Moodle «Біомедична кібернетика-1: Аналіз складних систем та процесів»,login: zelensky126

### Програма навчальної дисципліни

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

Мета викладання дисципліни полягає у набутті знань, умінь та навичок з розробки математичних моделей складних процесів для об'єктів із розподіленими і зосередженими (у часовій області) параметрами, а також теоретична і практична підготовка студентів з основ аналізу і синтезу виробничих та економічних процесів, зокрема, медико-біологічних систем. Задачами вивчення дисципліни є підготовка студентів для наукової і практичної діяльності в області розробки складних систем та виконання за їхньою допомогою наукових досліджень.

Завданнями вивчення навчальної дисципліни є:

Загальні компетентності (ОП запроваджено у дію Наказом ректора НОН № від

- ЗК 1 Формування знань про принципи побудови медико-біологічних систем та їхньої класифікації;
- ЗК 2 Знання та розуміння методів дослідження динаміки медико-біологічних систем;
- ЗК 3 Здатність створювати та досліджувати методології і технології моделювання обчислювальних та інформаційних процесів.

- ЗК 4 Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.
- ЗК 5 Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.
- ЗК 6 Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.
- ЗК 7 Здатність генерувати нові ідеї (креативність).
- ЗК 8 Здатність приймати обґрунтовані рішення.
- ЗК10 Навички здійснення безпечної діяльності.

**Програмними результатами навчання** після вивчення дисципліни «Методи дослідження складних систем та процесів»

- ПРН 1 Методи дослідження багатовимірних функцій;
- ПРН 3 Математичні моделі фізичних процесів;
- ПРН 4 Наближені аналітичні методи розв'язання лінійних крайових задач;
- ПРН7 Засоби реалізації алгоритмів, що розроблено, сучасними алгоритмічними мовами програмування;
- ПРН12 Основні закони збереження фізичних субстанцій;
- ПРН15 Основні методи побудови наближених розв'язків операторних рівнянь.

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

Навчальна дисципліна «[Біомедична кібернетика\\_1: Аналіз складних систем та процесів](#)»

належить до вибіркової частини циклу професійних дисциплін. Вона інтегрує відповідно до свого предмету знання з інших початкових дисциплін: Вища математика, Фізика, Інформатика та інформаційні технології. Моделювання систем, Теорія автоматичного керування.

На результатах вивчення дисципліни базуються навчальні дисципліни:

Біомедична кібернетика-2: Методи моделювання складних систем та процесів, Моделі нелінійної динаміки та нелінійних систем, Спеціальні розділи аналізу та моделювання складних систем та процесів.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

Основні розділи та теми, що розглядаються у процесі вивчення курсу:

### **Розділ 1. Системний аналіз і динамічні системи.**

- 1.1. Основні засади системного аналізу динамічних об'єктів.
- 1.2. Задачі управління динамічними системами.
- 1.3. Лінійні динамічні системи.

### **Розділ 2. Основні фізичні субстанції**

- 2.1 Особливості постановки задач математичної фізики.
- 2.2. Густина фізичних субстанцій.
- 2.3. Перенесення фізичних субстанцій.

### **Розділ 3. Математичні моделі динамічних систем**

- 3.1. Визначення динамічної системи.
- 3.2. Динамічні системи, що описуються звичайними диференціальними рівняннями.

### **Розділ 4. Отримання моделей із законів природи**

- 4.1. Збереження маси речовини.
- 4.2. Збереження енергії.
- 4.3. Сумісне застосування кількох законів.

### **Розділ 5. Математичні моделі деяких середовищ.**

- 5.1 Моделі ідеальної рідини (газу).

5.2. Моделі в'язкої рідини.

5.3. Рівняння перенесення енергії у середовищі.

### **Розділ 6. Математичні моделі у біофізиці**

6.1. Специфіка моделювання «живих» систем.

6.2. Базові моделі.

6.3. Класичні моделі Лоттки і Вольтерра.

6.4. Реакція Білоусова—Жаботинського.

6.5. Моделі реакції—дифузії.

### **Розділ 7. Метричні і нормовані простори та оператори**

7.1. Метричні простори.

7.2. Нормовані простори.

7.3. Гільбертів простір.

7.4. Оператори і функціонали гільбертовому просторі.

### **Розділ 8. Наближені аналітичні методи**

8.1. Загальна схема побудови наближених методів.

8.2. Метод малого параметру.

8.3. Метод ортогональних проекцій.

8.4. Метод найменших квадратів.

8.5. Метод Галеркіна.

### **Розділ 9. Числово-аналітичні методи**

9.1. Математична модель «хижак—жертва».

9.2. Математичні моделі гідродинаміки.

9.3. Задачі на власні значення та функції.

### **Розділ 10. Математичне моделювання біологічних та медичних процесів**

10.1. Математичне моделювання імунних систем.

10.2. Управління лікування гепатиту С.

10.3. Управління лікуванням ракових пухлин.

№	Тема	Зміст теми
1	Основні фізичні субстанції	Особливості постановки задач математичної фізики. Густина фізичних субстанцій. Перенесення фізичних субстанцій.
2	Закони збереження фізичних субстанцій.	Закон збереження маси. Дивергентна форма рівняння нерозривності. Закони збереження теплової енергії. Закон збереження кількості руху.
3	Математичні моделі деяких середовищ	Моделі ідеальної рідини. Моделі в'язкої рідини. Пружне тверде тіло. Рівняння перенесення енергії у середовищі. Приклади
4	Метричні і нормовані простори та оператори.	Метричні простори. Поняття метричного простору. Відкриті і замкнені множини. Збіжність у метричному просторі. Приклади метричних просторів. Повні простори.

		<i>Компактні множини. Принцип відображень, що стискають. Нормовані простори.</i>
5	<i>Оператори у гільбертових просторах</i>	<i>Гільбертовий простір. Оператори і функціонали у гільбертовому просторі. Енергетичний простір. Однорідне операторне рівняння. Рівняння із сповна неперервними симетричним операторами. Приклади гільбертових просторів.</i>
6	<i>Загальна схема побудови наближених методів.</i>	<i>Похибки наближених методів</i>
7	<i>Метод малого параметру</i>	<i>Поняття малого параметру стосовно диференціальних рівнянь. Загальний випадок методу малого параметру Приклад побудови рівняння за методом малого параметру.</i>
8	<i>Метод ортогональних проєкцій</i>	<i>Коллокації у підобластях і в точках</i>
9	<i>Метод найменших квадратів</i>	<i>Загальна схема МНК. Застосування методу МНК до рівнянь у частинних похідних</i>
10	<i>Метод Бубнова--Галеркіна</i>	<i>Метод Рітца і Бубнова—Галеркіна. Задачі на власні значення. Приклад. Особливості вибору базисних функцій</i>

#### **4. Навчальні матеріали та ресурси**

##### **Базова література:**

1. *Моделювання систем. Навчальний посібник, Київ, / КПП ім. Ігоря Сікорського [Електронний ресурс]: Укладачі: Зеленський К.Х., Настенко Є.А.Є Павлов В.А, – Електронні текстові дані (1 файл: 3,670 3 Мбайт). – Київ, 2022, 361 с.*
2. *Моделювання систем. Практикум. Навчальний посібник, Київ, / КПП ім. Ігоря Сікорського [Електронний ресурс]: Укладачі: Зеленський К.Х., Бовсуновська К.С., – Електронні текстові дані (1 файл: 22,34 Мбайт). – Київ, 2022, 78 с.*
3. *Математичне моделювання систем і процесів [Електронний ресурс] : конспект лекцій для студентів спеціальності 153 «Мікро- та наносистемна техніка / КПП ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: П. П. Лошицький. – Електронні текстові дані (1 файл: 5,48 Мбайт). – Київ, 2018. – 262 с*
4. *Я.І. Вижлюк, Р.М. Камінський, В.В. Пасічник. Моделювання складних систем: посібник / – Львів: Видавництво «Новий Світ – 2000», 2020. – 404 с*

##### **Додаткова література:**

1. *Андерсон Д., Таннехилл Дж., Плетієр Р. Вычислительная гидромеханика и теплообмен: Пер. с англ. В 2 т. М.: Мир, 1990. 728 с.*
2. *Шуи Т.Е. Прикладные численные методы в физике и технике. Пер. с англ. М.: Высшая школа, 1990.—256 с.*
3. *Jarrar et al. Complex Adapt Syst Model (2020) 8:3  
<https://doi.org/10.1186/s40294-020-0069-7>*
4. *Зленський К.Х., Ігнатенко В.М., Коц О.П. Комп'ютерні методи прикладної математики/ кийв, Академперіоддика, 2003, 560 с.*

5. Marchuk G.I. *Mathematical modeling of immune response in infectious diseases.* – Dordrecht: Springer Science & Business Media, 2013, 350 p
6. Pitchaimani M., Monica C. *Global stability analysis of HIV-1 infection model with three time delays.* *J. Appl. Math. Comput.*, 2015, V. 48, P. 293–319.
7. Alzahrani T., Eftimie R., Trucu D. *Multiscale Modelling of Cancer Response to Oncolytic Viral Therapy,* *Mathematical Biosciences*, 2019, 22 p.
8. M. Chaplain, G. Lolas. *Mathematical modelling of cancer cell invasion of tissue: the role of the urokinase plasminogen activation system,* *Math. Model. Meth. Appl. Sci.*, 15 (11) (2005), p. 1685--1734.
9. L. Peng, D. Trucu, M. Chaplain. *A multiscale mathematical model of tumour invasive growth,* *Bulletin of Mathematical Biology*, 79 (3) (2017), 389--429.
10. Hao W, Friedman A. *The role of exosomes in pancreatic cancer microenvironment.* *Bull Math Biol.*, 2017, p.1–23.

### Навчальний контент

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

№ n/n	Тема	Програмні результат и навчання	Основні завдання	
			Контрольний захід	Термін виконанн я
1	Густина фізичних субстанцій Перенесення фізичних субстанцій	ПРН 2 ПРН 15	Практична робота 1	1-2-й тиждень
2	Закон збереження маси. Дивергентна форма рівняння нерозривності Закон збереження теплової енергії Закон збереження кількості руху	ПРН 4 ПРН 15	Практична робота 2	3-4-й тиждень
3	Математичні моделі деяких середовищ Моделі ідеальної рідини (газу). Моделі в'язкої рідини. Пружне тверде тіло Рівняння перенесення енергії у середовищі	ПРН 3 ПРН 15	Практична робота 3	5-6-й тиждень
4	Метричні і нормовані простри ті оператори Поняття метричного простору. Збіжність у метричному просторі	ПРН 4 ПРН 15	Практична робота 4	7-8-й тиждень
5	Оператори у гільбертових просторах. Гільбертів простір. Оператори і функціонали у гільбертовому просторі.	ПРН 8 ПРН 15	Практична робота 5	9-10-й тиждень
6	Загальна схема побудови наближених методів Метод малого параметра	ПРН 4 ПРН 15	Практична робота 6	11-12-й тиждень
7	Метод найменших квадратів. МНК для дискретних вимірювань. Загальна схема побудови МНК. Застосування методу найменших квадратів до мінімізації квадратичних функціоналів	ПРН 4 ПРН 15	Практична робота 7	12-14-й тиждень
8	Методи Бубнова—Галеркіна та Рітца Поняття основної (координатної) системи функцій. Проекційні системи функцій	ПРН 3 ПРН 15	Практична робота 8	15-16-й тиждень

9	Задачі на власні значення та функції Поняття самосполученого оператора. Зведення загального рівняння другого порядку до вигляду самосполученого.	ПРН 3 ПРН 15	Практична робота 9	17-й тиждень
10	Модульна контрольна робота	ПРН 8	Оформлення та надсилання роботи	18-й тиждень

## 6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студентів полягає у підготовці до аудиторних занять за матеріалами конспекту лекцій та додаткової літератури, розрахунків завдань згідно із комп'ютерним практикумом.

## Політика та контроль

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

*Відвідування занять*

Відвідування лекційних занять не є обов'язковим. Відвідування практичних занять є бажаним, оскільки на них відбувається написання тестових завдань, а також відбувається пояснення виконання наступних практичних робіт та їх приймання.

Система оцінювання орієнтована на отримання балів за активність студентів, а також виконання завдань, які здатні розвинути практичні уміння.

*Пропущені контрольні заходи*

Пропущені контрольні заходи (захист контрольних робіт) обов'язково відпрацьовуються на наступних заняттях за умови виконання завдання, яке заплановано на поточне заняття, або на консультаціях.

Оцінювання навчальної роботи студента здійснюється відповідно до критеріїв оцінювання, що визначаються бально-рейтинговою системою сілабусу. За результатами ПК студенти мають можливість отримати оцінку за проміжною атестацією по результатам поточної успішності.

Проміжна атестація (ПА) – це перевірка оціночними засобами рівня досягнень з дисципліни за семестр. Форма контролю – залік. Мета ПА – перевірка базових знань дисципліни та практичних навичок, що отримано під час вивчення дисципліни та рівня сформованості компетенцій.

#### Бально-рейтингова система.

Вид навчальної роботи	Бали
Участь у лекційних заняттях	0--5
Лабораторна робота №1	0--7
Лабораторна робота №2	0—7
Лабораторна робота №3	0—8
Лабораторна робота №4	0—8
Атестація	0--30
Ітого за навчальну роботу	0--65

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

Під час вивчення дисципліни використовується бально-рейтингова технологія, яка надає можливість реалізувати неперервну і комплексну систему оцінювання засвоєння матеріалу студентами. Неперервність означає, що поточні оцінки додаються упродовж вивчення дисципліни у семестрі. Комплексність означає урахування всіх форм навчальної роботи студента упродовж семестру.

Бально-рейтингова технологія містить два види контролю: поточний контроль та проміжна атестація з дисципліни.

Поточний контроль (ПК) – основна частина бально-рейтингової технології, що ґрунтується на поетапному контролі засвоєння студентом навчального матеріалу, виконанні індивідуальних завдань. Форма контролю: тестові оцінки під час вивчення дисципліни, оцінки за виконання індивідуальних робіт.

Система оцінювання (поточний контроль).

№ п/п	Контрольний захід	%	Ваговий бал	Кіл-сть	Усього
1	Тестові завдання	21	1,5	14	21
2	Виконання та захист практичних робіт	21	3	7	21
3	Модульна контрольна робота	18	18	1	18
4	Залік	40	40	1	40
	Усього				100

Календарний контроль (КК) проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Метою проведення календарного контролю є підвищення якості навчання студентів та моніторинг виконання графіку освітнього процесу студентами.

Критерій		1-й КК	2-й КК	
Терміни календарних контролів		8-й тиждень	16-й тиждень	
Умови отримання позитивного результату з календарного контролю	Поточний рейтинг	За 12 балів	За 24 балів	
	Виконання практичних робіт	ПР № 1--5	+	-
		ПР6--8	-	+
	Експрес-контрольні роботи/тестові завдання	Мінімум по 4 будь-яким лекціям	+	-
		Мінімум по 10 будь-яким лекціям	--	+
Модульна контрольна робота	Оцінка МКР	+	+	

**Семестровий контроль:** усний залік

Умови допуску до семестрового контролю: зарахування усіх комп'ютерних практикумів/ семестровий рейтинг більше 40 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
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

Дистанційне навчання

Дистанційне навчання відбувається через Платформу дистанційного навчання «Сікорський».

*Дистанційне навчання через проходження додаткових он-лайн курсів за певною тематикою за умови погодження зі студентами. У разі коли невелика кількість студентів має бажання пройти он-лайн курс за певною тематикою, вивчення матеріалу за допомогою таких курсів допускається, але студенти мають виконати усі завдання, що передбачені у навчальній дисципліні.*

*Виконання практичних робіт, а також виконання домашньої контрольної роботи здійснюється під час самостійної роботи студентів у дистанційному режимі (з можливістю консультування із викладачем через електронну пошту або соціальні мережі).*

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

**Складено професором кафедри біомедичної кібернетики ФБМІ д.т.н, доцентом Зеленським К.Х.**

**Ухвалено кафедрою БМК (протокол № 16 від 24.06.2024)**

**Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 9 від 26.06.2024)**