

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДОНБАСЬКА ДЕРЖАВНА МАШИНОБУДІВНА АКАДЕМІЯ  
Кафедра «Автоматизація виробничих процесів»

Затверджую:

Декан факультету машинобудування



Кассов В.Д.

«27» травня 2024р.

Гарант освітньої програми:

к.т.н., доцент

Разживін О.В.

«08» травня 2024р.

Розглянуто і схвалено  
на засіданні кафедри автоматизації  
виробничих процесів

Протокол № 13 від 06.05.2024р.

Зав. кафедри

Марков О.Є.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

„МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ”

(назва дисципліни)

Галузь знань 17 – «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації»

Спеціальність 174 – «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та ро-

бототехніка»

Освітній рівень другий (магістерський)

ОПП «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Факультет «Машинобудування»

(назва інституту, факультету, відділення)

Розробник Люта А. В., к.т.н., доцент

КРАМАТОРСЬК-ТЕРНОПІЛЬ, 2024

## 1. Опис навчальної дисципліни

Показники		Галузь знань, спеціальність, ОПП (ОНП), професійне (наукове) спрямування, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
			денна	заочна
Кількість кредитів		Галузь знань: 17 «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації» спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно- інтегровані технології та робототехніка».	Дисципліна вільного вибору	
5,5	5,5			
Загальна кількість годин				
165	165			
Модулів – 1		ОПП «Автоматизація та комп'ютерно- інтегровані технології»	Рік підготовки	
Змістових модулів – 2			1	1
Індивідуальне науково- дослідне завдання _			Семестр	
			2	2
Тижневих годин для <u>денної</u> форми навчання: аудиторних – 3; самостійної роботи студента –9		Рівень вищої освіти: <u>другий (магістерський)</u>	Лекції	
			18	8
			Практичні	
			36	4
			Самостійна робота	
			111	153
		Вид контролю		
		Екзамен		

### Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 54/111,

для заочної форми навчання – 12/153.

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

*Мета дисципліни* «Моделювання складних систем» – вивчення студентами методів моделювання поведінки об'єктів, що характеризуються складною, динамічною природою, для підвищення ефективності їх функціонування. У програму включені питання, що висвітлюють суть системного підходу до вивчення складних динамічних об'єктів, особливості моделювання і управління такими системами, використання методів аналізу і синтезу, що забезпечують оптимізацію їх характеристик.

*Завдання дисципліни* полягає в тому, що в результаті вивчення курсу студент повинен знати:

- характеристику технологічних об'єктів як складних динамічних систем;
- методику моделювання поведінки складних систем;
- суть, основні принципи, фази управління системами;
- методику і основні моделі аналізу складних систем: детермінованих, стохастичних;
- методику і основні моделі синтезу складних систем.

Також студент повинен уміти:

- визначати основні характеристики, структуру та функції технологічних об'єктів як складних систем;
- представляти різні об'єкти як системи керування, виділяючи суб'єкт і об'єкт керування, впливи, що управляють та обурюють, цільову функцію керування тощо;
- аналізувати поведінку системи як детермінованого об'єкта на основі моделей множинної регресії, обґрунтувати вибір рівняння зв'язку методами математичної статистики;
- вивчати функціонування системи як стохастичного об'єкта з використанням апарату теорії масового обслуговування;
- оптимізувати параметри системи за заданим критерієм, використовуючи детерміновані та стохастичні моделі.

*Передумови для вивчення дисципліни.* Вивчення циклу дисциплін бакалаврської підготовки зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

*Мова викладання* дисципліни – українська.

*Обсяг навчальної дисципліни* та її розподіл за видами навчальних занять:

- загальний обсяг для денної форми навчання становить 165 годин/ 5,5 кредиту, в тому числі: лекції - 18 годин, практичні заняття - 36 годин, самостійна робота студентів - 111 годин;

- загальний обсяг для заочної форми навчання становить 165 годин/ 5,5 кредиту, в тому числі: лекції - 8 годин, практичні заняття - 4 годин, самостійна робота студентів - 153 годин;

### 3. Програмні результати навчання

Освітня компонента «Моделювання складних систем» повинна сформувати наступні *програмні результати навчання*, що передбачені Освітньо-науковою програмою підготовки магістрів «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»:

- Застосовувати сучасні підходи і методи моделювання та оптимізації для дослідження та створення ефективних систем автоматизації складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами.

- Застосовувати сучасні математичні методи, методи теорії автоматичного керування, теорії надійності та системного аналізу для дослідження та створення систем автоматизації складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами, кіберфізичних виробництв.

- Розробляти функціональну, організаційну, технічну та інформаційну структури систем автоматизації складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами, розробляти програмно-технічні керуючі комплекси із застосуванням мережевих та інформаційних технологій, промислових контролерів, робототехнічних пристроїв, засобів людино-машинного інтерфейсу та з урахуванням технологічних умов та вимог до управління виробництвом.

У результаті вивчення навчальної дисципліни «Моделювання складних систем» студент повинен продемонструвати достатній рівень сформованості певних результатів навчання через здобуття наступних *програмних компетентностей*:

- Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.
- Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
- Здатність застосовувати методи моделювання та оптимізації для дослідження та підвищення ефективності систем і процесів керування складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами.

- Здатність застосовувати сучасні методи теорії автоматичного керування для розроблення автоматизованих систем управління технологічними процесами та об'єктами.

- Здатність застосовувати спеціалізоване програмне забезпечення та цифрові технології для розв'язання складних задач і проблем автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій.

У *когнітивній сфері* студент повинен продемонструвати:

- володіння навичками щодо аналізу, застосування математичних методів для статистичної обробки, перевірки адекватності та інтерпретації даних, отриманих в результаті проведення дослідження, в тому числі з використанням методів математичного моделювання, та пов'язування їх з відповідною теорією у предметних галузях технічного призначення, тощо;

- володіння найбільш передовими концептуальними та методологічними знаннями зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» та суміжними спеціальностями, пов'язаними з обробкою інформації різного призначення;

- здатність розробляти та досліджувати математичні методи, моделі та

алгоритми обробки даних, застосувати математичні методи для обґрунтування, оптимізації та прийняття управлінських і технічних рішень, адекватних умовам, в яких функціонують об'єкти інформатизації в різних предметних галузях.

– володіння навичками використання системного підходу, як сучасної загальнонаукової методології для комплексного дослідження великих і складних об'єктів (систем) при аналізі, моделюванні, підготовці і проведенні експерименту, з урахуванням особливостей систем технічного, організаційно-технічного призначення, тощо;

– здатність планувати, проектувати та виконувати наукові дослідження зі стадії концептуальної постановки задачі до критичного оцінювання та розгляду результатів та отриманих даних, що включає вміння вибрати або розробити потрібну техніку, програмне забезпечення, сучасні технології програмування та методику досліджень стосовно систем технічного, організаційно-технічного призначення, тощо.

*В афективній сфері* студент здатний:

– до абстрактного мислення, критичного аналізу, оцінки та синтезу нових та складних ідей;

– приймати обґрунтовані рішення і діяти свідомо та соціально відповідально за результати прийнятих рішень;

– до проявлення визначеності і наполегливості щодо поставлених завдань і взятих обов'язків,

а також повинен продемонструвати вміння спілкуватися в діалоговому режимі з широкою науковою спільнотою та громадськістю в галузі наукової діяльності за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» у сфері комп'ютерного проектування, моделювання і дослідження процесів передавання та обробки інформації в тому числі із застосуванням інформаційно-комунікаційних технологій.

*У психомоторній сфері* студент здатний:

– до проведення досліджень на відповідному рівні, оцінювати якісні показники, бути критичним, самокритичним;

– самостійно виявляти, ставити та вирішувати задачі, розробляти та реалізовувати проекти, включаючи власні дослідження, які дають можливість переосмислити наявне та створити нове цілісне знання;

– до спілкування з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань і видів діяльності);

– вирішувати стандартні завдання професійної діяльності на основі інформаційної та бібліографічної культури із застосуванням інформаційно-комунікаційних технологій та з урахуванням основних вимог інформаційної безпеки, етичних і правових аспектів використання інформації в різних предметних галузях.

## 4. Програма навчальної дисципліни

### Структура навчальної дисципліни

#### Денна форма навчання

Вид навчальних занять або контролю	Розподіл між учбовими тижнями																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Лекції	2		2		2		2		2		2		2		2		2	
Практ. роботи	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Сам. робота	6	6	6	6	6	6	6	7	6	6	6	6	6	6	6	6	7	7
Консультації				К					К		К				К		К	
Контр. роботи									КР								КР	
Змістовні модулі	ЗМ1									ЗМ2								
Контроль по модулю			ПР1		ПР2		ПР3		ПР4		ПР5		ПР6			КР		

#### Заочна форма навчання

Вид навчальних занять або контролю	Розподіл між учбовими тижнями																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Лекції	4	4																
Практ. роботи								2	2									
Сам. робота	8	9	8	9	9	8	9	8	8	9	8	9	9	8	9	8	9	8
Консультації				К					К		К				К		К	
Контр. роботи																	КР	
Змістовні модулі	ЗМ1									ЗМ2								
Контроль по модулю																КР		

## Розподіл годин за темами

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.
<b>Модуль 1. Основні поняття моделювання і управління системами</b>												
<b>Тема 1.1.</b> Основні положення теорії систем	35	4	7		–	24	38	4			34	
<b>Тема 1.2.</b> Моделювання систем	36	4	7		–	25	34				34	
<b>Тема 1.3.</b> Управління системою	33	2	7		–	24	36		2		34	
<b>Модуль 2. Типові математичні схеми моделювання систем</b>												
<b>Тема 2.1.</b> Детерміновані моделі	33	2	7		–	24	38	4			34	
<b>Тема 2.2.</b> Стохастичні моделі	28	6	8		–	14	19		2		17	
<b>Усього годин</b>	<b>165</b>	<b>18</b>	<b>36</b>		–	<b>111</b>	<b>165</b>	<b>8</b>	<b>4</b>		<b>153</b>	

### Модуль 1. Основні поняття моделювання і управління системами

**Тема 1.1.** Основні положення теорії систем (4 години лекційних занять).

**Лекція 1.** Сутність та принципи системного підходу до дослідження складних динамічних об'єктів (2 години лекційних занять).

Основні питання: поняття системи. Зовнішня середа. Входи, виходи, стани системи. Принцип «чорного ящика». Класифікація систем. Дії, що управляють і обурюють. Первинний елемент системи. Структура та функції систем. Різноманітність і складність системи. Основні характеристики системи складної.

Література: [1, 2].

Завдання на СРС: закріплення викладеного лекційного матеріалу; підготовка до лабораторної роботи.

**Лекція 2.** Основні характеристики системи (2 години лекційних занять).

Основні питання: різноманітність і складність системи. Велика система та складна система. Макрофункція системи. Емерджентність, стохастичність, адаптивність, динамізм, інерційність, відкритість.

Література: [1, 2].

Завдання на СРС: закріплення викладеного лекційного матеріалу; підготовка до лабораторної роботи.

**Тема 1.2.** Моделювання систем (4 години лекційних занять).

**Лекція 3.** Поняття моделі системи, класифікація моделей (2 години лекційних занять).

Основні питання: поняття моделі системи. Моделювання систем. Особливості кібернетичного моделювання. Ізоморфізм і гомоморфізм. Моделювання економічних систем. Математичне моделювання.

Література: [1, 2].

Завдання на СРС: закріплення викладеного лекційного матеріалу; підготовка до лабораторної роботи.

**Лекція 4.** Методика моделювання систем (2 години лекційних занять).

Основні питання: математичне моделювання. Класифікація економіко-математичних моделей. Ендогенні і екзогенні змінні. Методика моделювання.

Література: [1, 2].

Завдання на СРС: закріплення викладеного лекційного матеріалу; підготовка до лабораторної роботи.

**Тема 1.3.** Управління системою (2 години лекційних занять).

**Лекція 5.** Характеристика процесу управління (2 години лекційних занять).

Основні питання: поняття управління системою. Суб'єкт та об'єкт управління. Система управління. Фази управління. Принципи управління. Прямий і зворотний зв'язок.

Література: [1, 2].

Завдання на СРС: закріплення викладеного лекційного матеріалу.

## **Модуль 2. Типові математичні схеми моделювання систем**

**Тема 2.1.** Детерміновані моделі (2 години лекційних занять).

**Лекція 6.** Детерміновані моделі (2 години лекційних занять).

Основні питання: принципи побудови моделей множинної лінійної та нелінійної регресії. Визначення точності оцінки для моделей множинної регресії. Оцінка кореляції, детермінації, стандартної помилки регресії. Перевірка адекватності моделі по критерію Фішера. Визначення статистичної значущості регресійних коефіцієнтів. Розрахунок теоретичних значень результуючого параметра функціонування системи.

Література: [1, 2].

Завдання на СРС: закріплення викладеного лекційного матеріалу; підготовка до лабораторної роботи.

**Тема 2.2.** Стохастичні моделі (6 години лекційних занять).

**Лекція 7.** Статистична обробка результатів експерименту (2 години лекційних занять).

Основні питання: Лінійна багатофакторна регресія. Оцінка параметрів лінійної багатофакторної регресії. Побудова лінійної багатофакторної регресійної моделі.

Література: [1, 2].

Завдання на СРС: закріплення викладеного лекційного матеріалу; підготовка до лабораторної роботи.



**Лекція 8.** Прогнозування параметрів системи (2 години лекційних занять).

Основні питання: прогнозування за допомогою методів екстраполяції. Модель Хольта-Уінтерса.

Література: [1, 2].

Завдання на СРС: закріплення викладеного лекційного матеріалу; підготовка до лабораторної роботи.

**Лекція 9.** Системи масового обслуговування, одно каналні, багатоканальні СМО (2 години лекційних занять).

Основні питання: режими роботи СМО. Закони розподілу випадкових величин: рівномірний, нормальний (Гауссівський), експоненційний тощо. Параметри та характеристики СМО, методика їх розрахунку. Техніко-економічні характеристики роботи СМО.

Література: [1, 2].

Завдання на СРС: закріплення викладеного лекційного матеріалу; підготовка до лабораторної роботи.

### Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Визначення характеристик випадкової функції із випробування	2
2	Перетворення стаціонарної випадкової функції стаціонарною лінійною системою	2
3	Марковський процес з дискретними станами і дискретним часом	4
4	Марковський процес з дискретними станами і безперервним часом	4
5	Система масового обслуговування з відмовами	6
6	Система масового обслуговування з очікуванням	6
7	Система масового обслуговування змішаного типу з обмеженням по довжині черги	6
8	Аналіз системи масового обслуговування (модель двофазної СМО)	6
<b>Усього годин</b>		<b>36</b>

## Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин Денна/заочна
1	<b>Тема 1.1.</b> Основні положення теорії систем	24/34
2	<b>Тема 1.2.</b> Моделювання систем	25/34
3	<b>Тема 1.3.</b> Управління системою	24/34
4	<b>Тема 2.1.</b> Детерміновані моделі	24/34
5	<b>Тема 2.2.</b> Стохастичні моделі	14/17
<b>Усього годин</b>		<b>111/153</b>

### Індивідуальні завдання

У цьому курсі передбачені індивідуальні завдання (роботи) з метою удосконалення практичних застосування математичних моделей для аналізу, моделювання і оптимізації технологічних процесів.

Виконання роботи сприяє формуванню у студентів самостійної пошукової роботи із спеціальною літературою, а також статистичною інформацією, вдосконаленню по практичному застосуванню вивчених теоретичних питань, привчає їх до осмисленого, творчого відтворення, виділенню головного, основного в документі, що вивчається.

Індивідуальна робота повинна розкривати процес формування і використання моделі прогнозування. В ході виконання роботи студентами повинні бути розкриті наступні етапи: збір даних, вироблення початкової моделі, отримання числових характеристик моделі і розрахунки досліджуваних економічних показників, перевірка, уточнення моделі з метою забезпечення її надійності, вказівка ефективності моделі і її об'єктивності. Також необхідно описати зовнішні чинники, які можуть зробити вплив на аналізовані змінні, які не включаються в модель прогнозування, але грають важливу роль в процесі побудови прогнозу.

Робота на перевірку знань студентів по застосуванню базових методів моделювання для аналізу функціонування складних систем. По роботі повинні бути надані, до яких автор прийшов самостійно на основі вивчення спеціальної літератури і інших джерел про використання даного методу при отриманні корисної інформації, необхідної для ухвалення тактичних і стратегічних рішень на об'єкті (підприємстві).

Розрахунково-графічну роботу не передбачено, самостійна робота студентів містить наступне: закріплення викладеного лекційного матеріалу та самостійне поглиблене вивчення тематичних розділів – 33 години; підготовка до лабораторних робіт – 18 годин.

## 5. Методи навчання

Використовуються такі методи навчання

- за джерелами знань: словесні (розповідь, пояснення, лекція, інструктаж), наочні (демонстрація, ілюстрація), практичні (лабораторна робота);
- за характером логіки пізнання: аналітичний, синтетичний, аналітико-синтетичний, індуктивний, дедуктивний;
- за рівнем самостійної розумової діяльності: проблемний, частково-пошуковий, дослідницький.

При викладанні дисципліни передбачається використання комп'ютерних засобів та відеопроєктора.

Усі лабораторні роботи виконуються на персональному комп'ютері. Використовується наступне програмне забезпечення:

- MS Excel;
- SMathStudio.

Студент за власним бажанням може використовувати будь-яку версію програмного забезпечення, на яке має власну ліцензію, та на власному переносному комп'ютері (планшеті).

Для покращення засвоєння матеріалу студентами їм рекомендується поглиблене самостійне вивчення розглянутих на лекції питань за допомогою підручників та інформації, поширеної у мережі Інтернет.

## 6. Методи контролю та критерії оцінювання

Передбачається використання накопичувальної кредитно-модульної системи оцінювання знань. Основною формою контролю знань студентів у такій системі є складання студентами всіх запланованих модулів. Складання модуля передбачає виконання студентом комплексу заходів, запланованих кафедрою і передбачених семестровим графіком навчального процесу та контролю знань, затверджених деканом факультету.

Підсумкова оцінка за кожний модуль виставляється за 50-бальною шкалою. При умові, що студент успішно здає всі контрольні точки, набравши з кожної з них не менше мінімальної кількості балів, необхідної для зарахування відповідної контрольної точки, виконує та успішно захищає лабораторні роботи та має за результатами роботи в семестрі підсумковий рейтинг не менше 30 балів, то він допускається до іспиту.

Контроль знань студентів передбачає проведення вхідного, поточного і підсумкового контролю.

Вхідний контроль знань проводиться на першому тижні семестру і включає контроль залишкових знань з окремих навчальних дисциплін, які передують вивченню дисципліни і є базовими для її засвоєння.

Поточний контроль знань студентів проводиться у вигляді письмової контрольної роботи. Також захист кожної лабораторної роботи проводиться з виставленням оцінок (балів).

Підсумковий контроль знань проводиться під час заліково-екзаменаційної сесії у формі іспиту.

### Розподіл балів, які отримують студенти

Лабораторні роботи, поточний контроль та самостійна робота					Сума
Змістовий модуль 1			Змістовий модуль 2		100
T1	T2	T3	T4	T5	
12	13	25	25	25	
коефіцієнт = 0,5			коефіцієнт = 0,5		

T1, T2 ... T5– теми змістових модулів.

Перелік обов'язкових контрольних точок для оцінювання знань студентів заочної форми навчання

№	Назва і короткий зміст контрольного заходу	Max балів	Характеристика критеріїв досягнення результатів навчання для отримання максимальної кількості балів
1	Тестова контрольна робота, яка виконується студентом індивідуально в системі Moodle	40	Здобувач вищої освіти виконав тестові завдання, що відповідають програмним результатам навчання з дисципліни
2	Письмовий залік	60	Студент виконав розрахункові завдання білету, що відповідають програмним результатам навчання
Всього		100	-

Підсумкова оцінка складається з балів змістових модулів з урахуванням коефіцієнтів вагомості.

Переведення набраних студентом балів за 100-бальною шкалою в оцінки за національною (5-бальною) шкалою та шкалою ECTS здійснюється в відповідності до таблиці:

Рейтинг студента за 100-бальною шкалою	Оцінка за національною шкалою	Оцінка за шкалою ECTS
90-100 балів	зараховано	A
81-89 балів		B
75-80 балів		C
65-74 балів		D
55-64 балів		E
30-54 балів	не зараховано з можливістю повторного складання	FX
1-29 балів	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	F

## 7. Рекомендована література

1. Томашевський В.М. Моделювання систем. – К.: Видавнича група ВНУ, 2005. – 352 с.
2. Шарапов О.Д., Дербенцев В.Д., Семьонов Д.Є. Економічна кібернетика. – К.: КНЕУ, 2005. – 231 с.

## ДОДАТОК А

### Питання для підготовки до іспиту

1. Поняття системи.
2. Принцип «чорного ящика».
3. Елемент і структура системи.
4. Класифікація систем.
5. Поняття різноманітності і складності системи.
6. Основні характеристики складної системи.
7. Концепція моделі.
8. Ізоморфні і гомоморфні системи.
9. Поняття економіко-математичної моделі.
10. Класифікація економіко-математичних моделей.
11. Дати характеристику наступним етапам моделювання: постановка завдання, побудова математичної моделі, підготовка початкової інформації.
12. Дати характеристику наступним етапам моделювання: чисельне рішення, аналіз отриманого рішення і уточнення моделі, практична реалізація моделі.
13. Поняття управління системою.
14. Об'єкт і суб'єкт управління системою.
15. Основні принципи управління системою.
16. Види управління системою. Жорстке управління.
17. Регулювання як один з видів управління системою.
18. Порівняльна характеристика регулювання системою по відхиленню і регулювання системою по обуренню.
19. Охарактеризувати принцип зворотного зв'язку.
20. Охарактеризувати принцип необхідної різноманітності системи і принцип управління системою дією на «головний» чинник.
21. Основні характеристики процесу управління системою.
22. Поняття системи масового обслуговування СМО Основні характеристики СМО
23. Організація роботи СМО.
24. Статистична оцінка ефективності роботи СМО.
25. Економічна оцінка ефективності роботи СМО.
26. Одноканальні СМО.
27. Багатоканальні СМО.
28. Економічні характеристики роботи СМО.