

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

**БАКАЛАВР**

(освітній ступінь)

Кафедра інформаційних технологій

«Затверджую»

Голова ННМР факультету автоматизації і  
інформаційних технологій

Олександр ТЕРЕНТЬЄВ/

\_\_\_\_\_ 2024 року



**РОБОЧА ПРОГРАМА ОСВІТНЬОЇ КОМПОНЕНТИ  
ОК29 «МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ»**

(шифр та назва освітньої компоненти)

Шифр	назва спеціальності, освітньої програми
122	<b>Комп'ютерні науки, «Інформаційні управляючі системи і технології»</b>

Мова викладання: українська

Розробник:

**Олена ГОРДА, кандидат технічних наук, доцент**

(прізвище та ініціали, науковий ступінь, звання)

(підпис)

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри інформаційних технологій  
Протокол № 13 від «25» червня 2024 року

Завідувачка кафедри ІТ

(підпис)

**Тетяна ГОНЧАРЕНКО**

Схвалено гарантом освітньої програми **«Інформаційні управляючі системи і технології»**

Гарант ОП


(підпис)

**Олександр ПОПЛАВСЬКИЙ**

Розглянуто на засіданні науково-методичної комісії спеціальності  
**122 «Комп'ютерні науки».**

Протокол № 3 від «28» червня 2024 року.

ВИТЯГ З РОБОЧОГО НАВЧАЛЬНОГО ПЛАНУ НА 2024-2025 НАВЧАЛЬНИЙ РІК

Шифр	Назва спеціальності, освітньої програми	Форма здобуття ВО: денна										Погодження заступником декана факультету			
		Кількість годин		Кількість індивідуальних робіт				Семестр	Форма контролю	Залік	7				
		Аудиторних		у тому числі	Самостійна робота	Конт роль на робота	К П						К Р	К П	К Р
		Р а з о м	Всього												
		Кількість кредитів	4,0	120	50	20	30	70	1						
122	Комп'ютерні науки, «Інформаційні управляючі системи і технології»														

## **Анотація. Мета та завдання освітньої компоненти**

**Пререквізити:** «Програмування та алгоритмічні мови», «Вища математика», «Дискретна математика», «Чисельні методи», «Математична статистика та випадкові процеси», «Дослідження операцій», «Системний аналіз».

**Посилання на сторінку електронного навчально-методичного комплексу дисципліни:** <https://org2.knuba.edu.ua/course/view.php?id=444>

**Мета.** Основною метою дисципліни є системне викладання питань математичного моделювання в інформаційних технологіях. Методичною основою більшості сучасних автоматизованих систем є інженерний аналіз, а ядром їх програмного забезпечення — пакети прикладних програм моделювання. Витрати на проектування значною мірою залежать від кваліфікації користувача автоматизованих інформаційних систем, а саме як ним визначається опис та проведення аналізу об'єктів моделювання та послідовність і вибір типів модельних експериментів (проектних процедур) з яких саме складається процес автоматизованого проектування.

**Завдання.** Основними завданнями, що мають бути вирішені в процесі викладання дисципліни, є теоретична та практична підготовка студентів з питань:

– формування у майбутніх фахівців знань і навичок застосування основних законів, принципів та методів розробки і застосування моделюючих алгоритмів та задач з інженерної практики;

- їх застосування для вирішення наукових та практичних задач;

- надбання студентами вмінь та навичок самостійно розширювати свої знання та виконувати прикладний аналіз реальних ситуацій та систем;

- застосовувати теорію моделювання до розв'язання практичних задач;

- ознайомитись із сучасними програмними засобами задач моделювання та розрахунку, MathCad і Matlab.

**У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен:**

**знати:**

- методологія моделювання систем;

- теоретичні основи математичного моделювання для вирішення практичних задач;

- етапи та методи моделювання систем;

- переваги та недоліки різних способів представлення моделей систем;

- принципи математичного та імітаційного моделювання;

- методологію побудови математичних моделей;

- математичні схеми, методи та засоби розробки імітаційних моделей об'єктів будівництва та їх компоненти;

- основи планування імітаційного експерименту з моделями систем.

**вміти:**

- представляти модель на різних рівнях її деталізації;
- представляти модель у алгоритмічному та математичному вигляді;
- використовувати стандартні математичні схеми для розробки і побудови математичних моделей конкретних об'єктів;
- використовувати теоретичний апарат математичного моделювання для розробки імітаційних моделей з їх реалізацією на ЕОМ;
- проводити дослідження моделі;
- налаштовувати модель;
- оцінювати якість моделі.

**Компетентності здобувачів освітньої програми, що формуються в результаті засвоєння освітньої компоненти**

Код	Зміст компетентності
<b>Інтегральна компетентність</b>	
ІК	Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми у галузі комп'ютерних наук або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів інформаційних технологій і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.
<b>Загальні компетентності</b>	
ЗК1.	Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
ЗК2.	Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
<b>Спеціальні (фахові) компетентності. Загально-професійні</b>	
СК1.	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.
СК4.	Здатність використовувати сучасні методи математичного моделювання об'єктів, процесів і явищ, розробляти моделі й алгоритми чисельного розв'язування.
СК6.	Здатність до системного мислення, застосування методології системного аналізу для дослідження складних проблем різної природи, методів формалізації та розв'язування системних задач, що мають суперечливі цілі, невизначеності та ризику.
СК7.	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.
-----------------------

**Програмні результати здобувачів освітньої програми, що формуються в  
результаті засвоєння освітньої компоненти**

Код	Програмні результати
ПР1.	Застосовувати знання основних форм і законів абстрактно-логічного мислення, основ методології наукового пізнання, форм і методів вилучення, аналізу, обробки та синтезу інформації в предметній області комп'ютерних наук.
ПР2.	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.
ПР3.	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.
ПР6.	Використовувати методи чисельного диференціювання та інтегрування функцій, розв'язання звичайних диференціальних та інтегральних рівнянь, особливостей чисельних методів та можливостей їх адаптації до інженерних задач, мати навички програмної реалізації чисельних методів.
ПР7.	Розуміти принципи моделювання організаційно-технічних систем і операцій; використовувати методи дослідження операцій, розв'язання одно– та багатокритеріальних оптимізаційних задач лінійного, цілочисельного, нелінійного, стохастичного програмування.
ПР8.	Використовувати методологію системного аналізу об'єктів, процесів і систем для задач аналізу, прогнозування, управління та проектування динамічних процесів в макроекономічних, технічних, технологічних і фінансових об'єктах.
ПР9.	Розробляти програмні моделі предметних середовищ, вибирати парадигму програмування з позицій зручності та якості застосування для реалізації методів та алгоритмів розв'язання задач в галузі комп'ютерних наук.

Знати поняття моделі, етапів розробки моделі; класифікацію економіко-математичних моделей і методів; принципи моделювання організаційно-технічних систем і операцій; методи розв'язання задач лінійного, цілочисельного, нелінійного, стохастичного, динамічного програмування; особливості побудови та розв'язання багатокритеріальних задач. Формулювати мету управління організаційно-технічною та економічною системами, формувати систему критеріїв якості, будувати математичну модель задачі, вибирати та застосовувати відповідний метод розв'язування задачі, знаходити її оптимальний розв'язок, коригувати модель й розв'язок на основі отриманих нових знань про

задачу й операцію, застосовувати програмні засоби для пошуку оптимальних рішень задач організаційно-економічного управління.

### **Зміст курсу**

## **Програма навчальної дисципліни**

### **Модуль 1. Моделювання систем**

#### **Змістовий модуль 1. Основні положення теорії моделювання систем.**

*Лекція 1.* Вступ. Значення і місце моделювання у ІТ. Мета, задачі та зміст курсу. Основні поняття та принципи теорії моделювання. Проблеми теорії моделювання. Огляд сучасних програмних засобів для задач моделювання.

Поняття системи, її структура, основні властивості та напрямки дослідження. Класифікація систем, великі системи, складні системи. Поняття інформації. Інформаційні системи.

*Лекція 2.* Класифікація моделей. Параметри моделей та об'єктів моделювання. Вихідні, внутрішні та зовнішні параметри. Фазові змінні об'єктів моделювання.

Вимоги, що висуваються до моделей систем: точність, адекватність та ефективність. Визначення критеріїв ефективності оцінки моделі та їх типи.

*Лекція 3.* Класифікація видів моделювання. Ієрархічна структура математичного моделювання: мікро-, макро- та мета рівні. Моделі елементів та систем. Мікромоделі, макромоделі та повні моделі систем.

*Лекція 4.* Теорія подібності та її місце у моделюванні. Аналогія та ознаки подібності об'єктів. Подібні функції, змінні в рівняння. Математична подібність. Константи подібності. Геометрична, часова та фізична подібність. Однорідні функції, рівняння та критерії подібності. Аналіз та синтез подібності об'єктів. Наближена подібність. Визначення критеріїв подібності з врахуванням критеріїв розмірності, П-теорема теорії подібності.

#### **Змістовий модуль 2. Формалізація та алгоритмізація результатів моделювання.**

*Лекція 5.* Науковий експеримент. Його роль та місце в задачах аналізу та синтезу систем. Стратегічне та тактичне планування експерименту.

Побудова математичних моделей на основі емпіричних даних.

*Лекція 6.* Основні математичні схеми моделювання систем (D-, F-, P-, Q-, A-схеми). Методологічні аспекти побудови моделей. Етапи побудови моделі та зміст робіт на відповідних етапах моделювання.

*Лекція 7.* Побудова концептуальних моделей систем та їх формалізація. Перехід від опису до блочної моделі. Підетапи першого етапу моделювання: постановка і аналіз задачі моделювання системи; вимоги до початкової інформації та організації її збору; гіпотези та припущення; основний зміст моделі; процедури

апроксимації; концептуальна модель системи та її достовірність; технічна документація.

**Лекція 8.** Підетапи другого етапу моделювання: логічна схема моделі; математичні співвідношення, достовірність моделі системи; вибір інструментальних засобів моделювання; план робіт програмування; верифікація та перевірка достовірності схеми програми; технічна документація. Застосування мереж Петрі до представлення моделі. Графічне та аналітичне представлення мережі Петрі. Аналіз мереж Петрі. Модифікації мереж Петрі.

**Змістовий модуль 3. Отримання та інтерпретація результатів моделювання.**

**Лекція 9.** Різниця між фізичними експериментами та експериментами на ЕОМ. Ціль планування експерименту. Метод планування. Стратегічне та тактичне планування імітаційного експерименту.

**Лекція 10.** . Обробка і аналіз результатів моделювання систем. Особливості фіксації і статистичної обробки результатів моделювання систем на ЕОМ. Особливості машинних експериментів. Методи оцінки. Статистичні методи обробки. Задачі обробки результатів моделювання. Перевірка статистичних гіпотез.

Методи балансування моделі. Аналіз збіжності стійкості та порядок калібрування моделі.

### Теми лабораторних робіт

№	Назва теми	К-сть годин	К-сть балів
<b>Змістовий модуль 1. Основні положення теорії моделювання систем.</b>		<b>8</b>	<b>15</b>
1	Виділення системи та визначення середовища. Визначення типу системи. Визначення структури системи. Проведення структурного та функціонального аналізу системи та схематичне представлення результатів. Визначення критеріїв ефективності оцінки моделі та їх типи.	2	5
2	Основи роботи з програмними середовищами моделювання (Matlab, Mathcad). Типи даних та особливості задання арифметичних операцій.	2	3
3	Середовище Matlab. Типи даних. Елементи виразів. Обчислювальні вирази.	2	3
4	Засоби Simulink.	2	4
<b>Змістовий модуль 2.</b>		<b>8</b>	<b>15</b>
5	Статистичні методи обробки. Задачі обробки результатів моделювання. Перевірка статистичних гіпотез. Підготовка експериментальних даних для побудови математичних моделей.	2	3
6	Побудова математичних моделей за експериментальними даними.	2	4
7	Аналіз математичних моделей побудованих за експериментальними даними.	2	3
8	Побудова простих імітаційних моделей засобами Simulink.	2	5
<b>Змістовий модуль 3.</b>		<b>14</b>	<b>20</b>
9	Схематизація моделей.	2	2
10	Схематичне представлення моделі на основі мереж "Петрі" та їх аналіз.	2	3
11	Побудова та аналіз простих імітаційних моделей на основі D-схем.	2	3
12	Побудова та аналіз складних імітаційних моделей на основі D-схем.	2	4
13	Побудова та аналіз простих дискретних імітаційних моделей на основі станів. Бібліотека StateFlow.	2	4
14	Побудова та аналіз простих імітаційних моделей на основі Q-схем.	2	2
15	Багатофазні СМО. Мережі СМО. Побудова структури та оцінка параметрів.	2	2
<b>Разом</b>		<b>30</b>	<b>50</b>



### Індивідуальне завдання: курсова робота

Курсова робота обирається за темою майбутньої АВР на здобуття ступеня бакалавра і є підготовчим етапом до написання дипломної роботи, а саме, полягає в зборі інформації, її аналізу та побудові концептуальної моделі до поставленої задачі.

		К-ть год.	Бали
1	Завдання повинно включати: 1) постановку задачі; 2) визначення типу системи; 3) визначення структури системи; 4) аналіз функціонування системи; 5) визначення переліку ендогенних та екзогенних параметрів системи 6) побудову таблиці станів та переходів системи; 7) графічне представлення концептуальної моделі системи у вигляді мережі Петрі; 8) аналітичну формалізацію моделі у матричному вигляді; 9) аналіз концептуальної моделі системи на основі дерева досяжності.	30	Оцін. за 100 б. шкалою (30 б. у заг. підсумкову оцінку)
	<b>Разом</b>	<b>30</b>	<b>30</b>

### Розподіл годин самостійної роботи здобувачів

№	Назва теми	Кількість годин
		денна
1	Опрацювання лекційного матеріалу та лабораторних занять	25
2	Виконання курсової роботи	30
3	Підготовка до заліку	6
4	Модульний контроль	5
5	Опрацювання засобів роботи в середовищі Matlab	4
	<b>Разом</b>	<b>70</b>

## Методи контролю та оцінювання знань

Загальне оцінювання здійснюється через вимірювання результатів навчання у формі проміжного (модульного) та підсумкового контролю (виконання практичних завдань, захист курсової роботи) відповідно до вимог зовнішньої та внутрішньої системи забезпечення якості вищої освіти.

### Розподіл балів для дисципліни з формою контролю залік

Поточне оцінювання			Залік	Сума балів
Змістові модулі				
1	2	3	КР	
15	15	20	30	20
				100

### Політика щодо академічної доброчесності

Тексти індивідуальних завдань (в т.ч. у разі, коли вони виконуються у формі презентацій або в інших формах) можуть перевірятись на плагіат. Для цілей захисту індивідуального завдання оригінальність тексту має складати не менше 70%. Виключення становлять випадки зарахування публікацій Здобувачів у матеріалах наукових конференціях та інших наукових збірниках, які вже пройшли перевірку на плагіат.

Списування під час тестування та інших опитувань, які проводяться у письмовій формі, заборонені (в т.ч. із використанням мобільних девайсів). У разі виявлення фактів списування з боку здобувача він отримує інше завдання. У разі повторного виявлення призначається додаткове заняття для проходження тестування.

### Політика щодо відвідування

Здобувач, який пропустив аудиторне заняття з поважних причин, має продемонструвати викладачу та надати до деканата факультету документ, який засвідчує ці причини.

За об'єктивних причин (хвороба, міжнародне стажування, наукова та науково-практична конференція (круглий стіл) тощо) навчання може відбуватись в онлайн формі за погодженням із керівником курсу.

## Методи контролю

Основні форми участі Здобувачів у навчальному процесі, що підлягають поточному контролю: виступ на практичних заняттях; доповнення, рецензія на виступ; участь у дискусіях; аналіз першоджерел; письмові завдання (тестові, індивідуальні роботи у формі рефератів); та інші письмові роботи, оформлені відповідно до вимог. Кожна тема курсу, що винесена на лекційні та практичні заняття, відпрацьовується Здобувачами у тій чи іншій формі, наведеній вище. Обов'язкова присутність на лекційних заняттях, активність впродовж семестру, відвідування/відпрацювання усіх аудиторних занять, виконання інших видів робіт, передбачених навчальним планом з цієї дисципліни.

При оцінюванні рівня знань Здобувача аналізу підлягають:

- характеристики відповіді: цілісність, повнота, логічність, обґрунтованість, правильність;
- якість знань (ступінь засвоєння фактичного матеріалу): осмисленість, глибина, гнучкість, дієвість, системність, узагальненість, міцність;
- ступінь сформованості умінь поєднувати теорію і практику під час розгляду ситуацій, практичних завдань;
- рівень володіння розумовими операціями: вміння аналізувати, синтезувати, порівнювати, абстрагувати, узагальнювати, робити висновки з проблем, що розглядаються;
- досвід творчої діяльності: умінь виявляти проблеми, розв'язувати їх, формувати гіпотези;
- самостійна робота: робота з навчально-методичною, науковою, допоміжною вітчизняною та зарубіжною літературою з питань, що розглядаються, умінь отримувати інформацію з різноманітних джерел (традиційних; спеціальних періодичних видань, ЗМІ, Internet тощо).

**Тестове опитування** проводиться, як підсумкове за змістовими модулями. Бали, які нараховуються Здобувачу за відповіді на тестові питання, поділяються між змістовими модулями.

**Курсова робота** підлягає захисту Здобувачем на заняттях, які призначаються додатково.

Курсова робота виконується у вигляді реферату. Реферат повинен мати обсяг від 18 до 24 сторінок А4 тексту (кегель Times New Roman, шрифт 14, інтервал 1,5), включати план, структуру основної частини тексту відповідно до плану, висновки і список літератури, складений відповідно до ДСТУ 8302:2015. В рефераті можна також помістити словник базових понять до теми.

Література, що рекомендується для виконання курсової роботи, наведена у цій робочій програмі, а в електронному вигляді вона розміщена на Освітньому сайті КНУБА, на сторінці кафедри.

Текст курсової роботи подається викладачу не пізніше, ніж за 2 тижні до початку залікової сесії. Викладач має право вимагати від Здобувача доопрацювання роботи, якщо вона не відповідає встановленим вимогам.

Результати поточного контролю заносяться до журналу обліку роботи. Позитивна оцінка поточної успішності Здобувачів за відсутності пропущених та невідпрацьованих практичних занять та позитивні оцінки за індивідуальну роботу є підставою для допуску до підсумкової форми контролю. Бали за аудиторну роботу відпрацьовуються у разі пропусків.

**Підсумковий контроль** здійснюється під час проведення сесії з урахуванням підсумків поточного та модульного контролю. Під час семестрового контролю враховуються результати здачі усіх видів навчальної роботи згідно зі структурою кредитів. Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою.

### Шкала оцінювання курсової роботи

Оцінка за національною шкалою	Кількість балів	Критерії
відмінно	30	відмінне виконання (розкриття теми, посилання та цитування сучасних наукових джерел (не старше 2020 року), <b>дотримання норм доброчесності</b> )
	25	відмінне виконання з незначною кількістю помилок виконання (розкриття теми, посилання та цитування сучасних наукових джерел (більшість з яких не старше 2020 року), <b>дотримання норм доброчесності</b> )
добре	22	виконання вище середнього рівня з кількома помилками (розкриття теми в межах об'єкту та завдань роботи, посилання та цитування сучасних наукових джерел (серед яких є такі, що не старше 2020 року), <b>дотримання норм доброчесності</b> )
	20	виконання з певною кількістю помилок (розкриття теми в межах об'єкту та завдань роботи, наявність посилань та цитувань наукових джерел, <b>дотримання норм доброчесності</b> )
задовільно	18	виконання роботи задовольняє мінімальним критеріям помилок (розкриття теми в основному в межах об'єкту роботи, наявність концептуального апарату роботи, присутність не менше 5 посилань та цитувань наукових джерел, <b>дотримання норм доброчесності</b> )

### Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою
90 – 100	<b>A</b>	Відмінно
82-89	<b>B</b>	Добре
74-81	<b>C</b>	
64-73	<b>D</b>	Задовільно
60-63	<b>E</b>	
35-59	<b>FX</b>	Не зараховано з можливістю повторного складання
<u>0-34</u>	<b>F</b>	Не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

### Умови допуску до підсумкового контролю

Здобувачу, який має підсумкову оцінку за дисципліну від 35 до 59 балів, призначається додаткова залікова сесія. В цьому разі він повинен виконати додаткові завдання, визначені викладачем.

Здобувач, який не виконав вимог робочої програми по змістових модулях, не допускається до складання підсумкового контролю. В цьому разі він повинен виконати визначене викладачем додаткове завдання по змісту відповідних змістових модулів в період між основною та додатковою сесіями.

Здобувач має право на опротестування результатів контролю (апеляцію). Правила подання та розгляду апеляції визначені внутрішніми документами КНУБА, які розміщені на сайті КНУБА та зміст яких доводиться Здобувачам до початку вивчення дисципліни.

## Методичне забезпечення дисципліни

### Підручники:

1. Томашевський В. М. Моделювання систем: Підручник для студ. вищ. навч. закл. – Київ : Вид. група ВНУ, 2005. – 349с. [електронний ресурс] - режим доступу: [https://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2016/Tomashev\\_2005\\_352.pdf](https://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2016/Tomashev_2005_352.pdf)
2. Михайленко В.М., Горда О.В. Математичне та імітаційне моделювання систем масового обслуговування. . – К.: КНУБА, 2019. –216 с.

### Навчальні посібники:

1. Горда О.В. Математичне моделювання. Застосування мереж Петрі у моделюванні паралельних процесів. навч посібник для студентів спеціальностей 7.080401 «Інформаційні управляючі системи і технології», 7.080402 «Інформаційні технології проектування»/ Київськ. нац. ун-т буд-ва і архіт. – К., 2006. – 76 с. [електронний ресурс] - режим доступу: <https://urss.knuba.edu.ua/ua/zbirnyk-5/article-198>
2. Гліненко Л. К. Основи моделювання технічних систем: Навч. посібник для студ. вищ.навч. закл. – Львів : Бескид Біт, 2003. – 175с. [електронний ресурс] - режим доступу: <https://librarygo.lpnu.ua/?elbook=osnovy-modelyuvannya-tehnichnyh-system>

### Додаткові джерела

1. Горда О.В., Лященко Т.О., Хроленко В.М., Тихонова О.О. Особливості інформаційного моделювання на основі метафор роїв. Управління розвитком складних систем. Київ, 2023. № 56. dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2023.56.
2. Горда , О. ., & Гончаренко , Є. . (2024). Обґрунтування застосування онтологічного підходу до системи електронного документообігу ЗВО. Управління розвитком складних систем, (58), 119–128. <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2024.58.119-128>
3. E. Gorda, Yu. Riabchun, V. Khrolenko. Cognitive Technologies for Object Detection and Topology of the Environment's Information Space. 2024 IEEE 4th International Conference on Smart Information Systems and Technologies, Kazakhstan, Astana 2024, pp. 48-54 (Scopus). DOI: 10.1109/SIST61555.2024.10629620

### Посилання на програмне забезпечення та інструментальні засоби

1. <https://mathcad.com.ua/>
2. <https://www.mathworks.com/products/matlab.html>

### Конспекти лекцій:

1. Горда О.В. Моделювання систем. Конспект лекцій. /– К:КНУБА, 2007. –80 с.
2. Горда О.В., Назаренко І.І. Моделювання систем. Конспект лекцій. ч.1. – К.: КНУБА, 2021. –172 с.
3. Горда О.В., Назаренко І.І. Моделювання систем. Конспект лекцій. ч.2 – К.: КНУБА, 2022. –176 с.

### Методичні роботи:

1. Горда О.В. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни "Моделювання систем". – К.: КНУБА, 2018. 44 с. [електронний ресурс] - режим доступу: <https://org2.knuba.edu.ua/mod/resource/view.php?id=12896>

### Інформаційні ресурси:

1. <http://library.knuba.edu.ua>
2. <http://org2.knuba.edu.ua>
3. Frank L. Severance System Modeling and Simulation: An Introduction. 2001. 518 p. ISBN-10 : 0471496944 [електронний ресурс] - режим доступу: <https://www.scribd.com/document/789987633/PDF-System-modeling-and-simulation-a-n-introduction-1st-Edition-Frank-L-Severance-download>
4. Michael Pidd Systems Modelling: Theory and Practice. ISBN: 978-0-470-86731-0. 2004. 240 p. [електронний ресурс] - режим доступу: <https://download.e-bookshelf.de/download/0000/5802/29/L-G-0000580229-0002383439.pdf>
5. Andrei Borshchev, Ilya Grigoryev The Big Book of Simulation Modeling Multimethod Modeling with AnyLogic 8. 2020. [електронний ресурс] - режим доступу: <https://www.anylogic.com/resources/books/big-book-of-simulation-modeling/>