# РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

## 3. Пояснювальна записка

Дисципліна «**Моделювання систем та системний аналіз**» є обов’язковою дисципліною професійної підготовки і займає провідне місце у підготовці здобувачів **першого (бакалаврського)** рівня вищої освіти, **очної (денної)** форми здобуття вищої освіти, які навчаються за освітньо-професійною програмою «**Комп’ютерні науки**» в межах спеціальності **122 «Комп’ютерні науки»**.

**Пререквізити** – Вища математика, Дослідження операцій та основи теорії прийняття рішень.

**Кореквізити** – Теорія алгоритмів, Інтелектуальний аналіз даних.

Відповідно до освітньої програми дисципліна сприяє забезпеченню:

**компетентностей:** здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК01); 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 (ФК04); 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 ризики (ФК06); 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 (ФК07).

**програмних результатів навчання:** розуміти принципи моделювання організаційно-технічних систем і операцій; використовувати методи дослідження операцій, розв’язання одно- та багатокритеріальних оптимізаційних задач лінійного, цілочисельного, нелінійного, стохастичного програмування (ПРН07); використовувати методологію системного аналізу об’єктів, процесів і систем для задач аналізу, прогнозування, управління та проєктування динамічних процесів в макроекономічних, технічних, технологічних і фінансових об’єктах (ПРН08).

**Мета дисципліни.** Формування у студентів фундаментальних знань про принципи моделювання та проєктування систем, про роботу з моделями систем; оволодіння студентами математичного апарату з системного аналізу.

**Предмет дисципліни.** Поняття систем та моделей. Моделі систем масового обслуговування. Імовірнісне та імітаційне моделювання. Програмне забезпечення моделювання. Системний аналіз та прийняття рішень за результатами моделювання.

**Завдання дисципліни.** Формування у студентів теоретичних знань та практичних навичок моделювання систем та їх аналізу з використанням основних властивостей і операцій над моделями.

**Результати навчання.** Після вивчення дисципліни студент повинен: вміло використовувати понятійний апарат; уміти виконувати операції над моделями систем, проводити системний аналіз; визначати основні властивості системи та відповідні методики для їх моделювання; характеризувати оптимальні моделі та фундаментальні принципи дослідження систем; підбирати алгоритми та програмне забезпечення з метою розв’язання класу задач; проєктувати за різними методиками типові завдання та способи їх розв’язання; виконувати масштабування та проєктування моделей, перенесення та узагальнення систем.

## 4. Структура залікових кредитів дисципліни

| Назва розділу (теми) | Лекції (год.) | Лабораторні (год.) | СРС (год.) |
| --- | --- | --- | --- |
| **Тема 1. Вступ до теорії систем та моделювання** | 4 | 4 | 10 |
| **Тема 2. Моделювання систем масового обслуговування (СМО)** | 4 | 4 | 10 |
| **Тема 3. Ймовірнісне моделювання та метод Монте-Карло** | 4 | 4 | 10 |
| **Тема 4. Імітаційне моделювання систем** | 5 | 5 | 11 |
| **Тема 5. Програмне забезпечення та автоматизація моделювання** | 4 | 4 | 10 |
| **Тема 6. Основи системного аналізу** | 5 | 5 | 11 |
| **Тема 7. Прийняття рішень та оптимізація систем** | 4 | 4 | 10 |
| **Тема 8. Практичне застосування моделювання та аналізу** | 4 | 4 | 10 |
| **Разом за семестр:** | **34** | **34** | **82** |

## 5. Програма навчальної дисципліни

### 5.1 Зміст лекційного курсу

| Номер лекції | Перелік тем лекцій, їх анотації | Кількість годин |
| --- | --- | --- |
|  | **Тема 1. Вступ до теорії систем та моделювання** | **4** |
| 1 | **Загальні положення та визначення.** Поняття системи та моделі, їх взаємозв’язок. Класифікація моделей і види моделювання. Літ.: [1] с. 8-15 | 2 |
| 2 | **Технологія моделювання.** Принципи та методи побудови моделей. Основні етапи технологічного процесу моделювання. Літ.: [1] с. 16-25 | 2 |
|  | **Тема 2. Моделювання систем масового обслуговування (СМО)** | **4** |
| 3 | **Моделі СМО.** Класифікація та основні характеристики СМО. Одноканальні та багатоканальні системи. Літ.: [1] с. 26-35 | 2 |
| 4 | **Мережі масового обслуговування.** Поняття мереж СМО та мереж Петрі. Операційний аналіз мереж. Літ.: [1] с. 41-55 | 2 |
|  | **Тема 3. Ймовірнісне моделювання та метод Монте-Карло** | **4** |
| 5 | **Метод статистичних випробувань.** Генерування випадкових величин. Моделювання випадкових подій та дискретних величин. Літ.: [1] с. 70-78 | 2 |
| 6 | **Моделювання випадкових процесів.** Моделювання неперервних випадкових величин. Статистична обробка результатів. Літ.: [1] с. 79-85 | 2 |
|  | **Тема 4. Імітаційне моделювання систем** | **5** |
| 7 | **Принципи імітаційного моделювання.** Ітеративні процеси. Методи проєктування імітаційних моделей. Побудова концептуальної моделі. Літ.: [1] с. 86-92 | 3 |
| 8 | **Валідація та верифікація моделей.** Процедури перевірки адекватності імітаційної моделі. Літ.: [2] с. 61-70 | 2 |
|  | **Тема 5. Програмне забезпечення та автоматизація моделювання** | **4** |
| 9 | **Класифікація програмних засобів.** Універсальні та об’єктно-орієнтовані системи моделювання. Методи штучного інтелекту. Літ.: [3] с. 25-35 | 2 |
| 10 | **Автоматизація програмування.** Імітаційна модель персонального комп’ютера. Системи планування в мовах моделювання. Літ.: [1] с. 130-138 | 2 |
|  | **Тема 6. Основи системного аналізу** | **5** |
| 11 | **Системний аналіз як метод дослідження.** Методологія, основні різновиди та характеристика системного аналізу. Структура. Літ.: [2] с. 16-25 | 3 |
| 12 | **Структурний та морфологічний опис систем.** Модель “чорного ящика”. Модель складу та структури системи. Літ.: [2] с. 30-40 | 2 |
|  | **Тема 7. Прийняття рішень та оптимізація систем** | **4** |
| 13 | **Ефективність складних систем.** Проблема вибору. Мова функцій вибору та критерії. Вибір в умовах невизначеності. Літ.: [2] с. 110-118 | 2 |
| 14 | **Системний аналіз і прийняття рішень.** Формулювання проблеми та цілей. Формування критеріїв. Алгоритми проведення аналізу. Літ.: [3] с. 40-50 | 2 |
|  | **Тема 8. Практичне застосування моделювання та аналізу** | **4** |
| 15 | **Планування експериментів з моделями.** Оцінювання точності результатів моделювання. Методи зниження дисперсії. Літ.: [1] с. 140-150 | 2 |
| 16 | **Використання методів системного аналізу в організаційно-технічних системах.** Управління бізнесом. Системний підхід в стандартизації. Літ.: [3] с. 51-60 | 2 |

### 5.2 Зміст лабораторних занять

| № п/п | Тема лабораторного заняття | Кількість годин |
| --- | --- | --- |
| 1 | **Лабораторна робота №1. Дослідження властивостей простих систем.** Літ.: [1] с. 20-25 | 2 |
| 2 | **Лабораторна робота №2. Побудова концептуальних моделей систем.** Літ.: [2] с. 10-15 | 2 |
| 3 | **Лабораторна робота №3. Аналітичне моделювання одноканальної СМО.** Літ.: [1] с. 36-40 | 2 |
| 4 | **Лабораторна робота №4. Моделювання багатоканальної СМО з відмовами.** Літ.: [1] с. 56-65 | 2 |
| 5 | **Лабораторна робота №5. Моделювання методом Монте-Карло.** Літ.: [1] с. 80-85 | 3 |
| 6 | **Лабораторна робота №6. Обчислення площ складних фігур методом Монте-Карло.** Літ.: [3] с. 20-24 | 2 |
| 7 | **Лабораторна робота №7. Розробка простої імітаційної моделі.** Літ.: [2] с. 70-78 | 2 |
| 8 | **Лабораторна робота №8. Імітаційне моделювання для дослідження СМО.** Літ.: [1] с. 116-125 | 3 |
| 9 | **Лабораторна робота №9. Використання програмних засобів для імітаційного моделювання.** Літ.: [3] с. 30-38 | 2 |
| 10 | **Лабораторна робота №10. Автоматизація збору та аналізу результатів моделювання.** Літ.: [1] с. 135-145 | 2 |
| 11 | **Лабораторна робота №11. Проведення структурного аналізу системи.** Літ.: [2] с. 41-50 | 2 |
| 12 | **Лабораторна робота №12. Ймовірнісне моделювання для задач організаційного управління.** Літ.: [3] с. 45-55 | 3 |
| 13 | **Лабораторна робота №13. Побудова дерева рішень для заданої ситуації.** Літ.: [2] с. 120-128 | 2 |
| 14 | **Лабораторна робота №14. Оптимізація параметрів системи за допомогою моделювання.** Літ.: [1] с. 160-168 | 2 |
| 15 | **Лабораторна робота №15. Отримання та оброблення результатів ймовірнісного моделювання.** Літ.: [1] с. 156-165 | 2 |
| 16 | **Лабораторна робота №16. Статистичне оброблення результатів імітаційного моделювання.** Літ.: [2] с. 130-140 | 3 |

### 5.3 Зміст самостійної роботи здобувача вищої освіти

Самостійна робота студентів полягає у систематичному опрацюванні програмного матеріалу з відповідних джерел інформації, підготовці до лабораторних занять, контрольних робіт, тестування, виконанні індивідуальних завдань.

| Номер тижня | Вид самостійної роботи | Кількість годин |
| --- | --- | --- |
| 1 | Опрацювання теоретичного матеріалу з Т1, підготовка до лабораторних занять №1 та 2. | 5 |
| 2 | Опрацювання теоретичного матеріалу з Т2, підготовка до лабораторних занять №3 та 4. | 5 |
| 3 | Опрацювання теоретичного матеріалу з Т3, підготовка до лабораторних занять №5. | 5 |
| 4 | Опрацювання теоретичного матеріалу з Т3, підготовка до лабораторних занять №6, виконання ІДЗ №1. | 5 |
| 5-6 | Опрацювання теоретичного матеріалу з Т4, підготовка до лабораторних занять №7 та 8, підготовка до ТК №1. | 10 |
| 7 | Опрацювання теоретичного матеріалу з Т5, підготовка до лабораторних занять №9. | 5 |
| 8 | Опрацювання теоретичного матеріалу з Т5, підготовка до лабораторних занять №10, виконання ІДЗ №2. | 5 |
| 9-10 | Опрацювання теоретичного матеріалу з Т6, підготовка до лабораторних занять №11 та 12. | 10 |
| 11 | Опрацювання теоретичного матеріалу з Т7, підготовка до лабораторних занять №13. | 5 |
| 12 | Опрацювання теоретичного матеріалу з Т7, підготовка до лабораторних занять №14, виконання ІДЗ №3. | 5 |
| 13-14 | Опрацювання теоретичного матеріалу з Т8, підготовка до лабораторних занять №15 та 16, підготовка до ТК №2. | 10 |
| 15-16 | Виконання ІДЗ №4, підготовка до захисту ІДЗ. | 10 |
| 17 | Підготовка до складання іспиту. | 2 |
|  | **Разом за семестр:** | **82** |

**Примітка:** Т – тема навчальної дисципліни, ІДЗ – індивідуальне домашнє завдання, ТК – тестовий контроль.

**Індивідуальні домашні завдання (ІДЗ):**

1. Розробка імітаційної моделі логістичної системи складу.
2. Порівняльний аналіз програмних засобів для імітаційного моделювання (AnyLogic, NetLogo, Simulink).
3. Проведення системного аналізу інформаційної системи університету та пропозиції щодо її оптимізації.
4. Створення моделі для підтримки прийняття рішень щодо інвестиційного проєкту.

## 6. Технології та методи навчання

Процес навчання з дисципліни грунтується на використанні традиційних та сучасних технологій та методів навчання, зокрема:

* **лекції:** з використанням мультимедійних презентацій, методів візуалізації, проблемного й інтерактивного навчання;
* **лабораторні заняття:** з використанням інструктування, майстер-класів, розв’язування типових і прикладних задач, аналізу кейсів;
* **самостійна робота:** опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до виконання лабораторних робіт, поточного та підсумкового контролю, виконання індивідуальних домашніх завдань.

## 7. Методи контролю

Поточний контроль здійснюється під час **лабораторних** занять та у дні проведення контрольних заходів, встановлених робочою програмою і графіком освітнього процесу. При цьому використовуються такі методи поточного контролю:

* **оцінювання результатів роботи на лабораторних заняттях (усне опитування, захист звітів);**
* **тестовий контроль засвоєння теоретичного та практичного матеріалу з теми;**
* **оцінювання результатів виконання індивідуального домашнього завдання.**

При виведенні підсумкової семестрової оцінки враховуються результати поточного контролю та підсумкового контролю (іспиту).

## 8. Політика дисципліни

Відвідування занять є обов’язковим. Успішне опанування дисципліни передбачає **підготовку до лабораторних занять, активну роботу на занятті, розв’язування задач, участь у дискусіях.**

Здобувачі вищої освіти мають дотримуватися встановлених термінів виконання всіх видів навчальної роботи. Пропущене **лабораторне** заняття студент зобов’язаний відпрацювати у встановлений викладачем термін.

При виконанні завдань студенти мають дотримуватися політики академічної доброчесності. У разі виявлення порушень (плагіат, списування) здобувач отримує незадовільну оцінку і має повторно виконати завдання.

## 9. Оцінювання результатів навчання студентів у семестрі

Оцінювання академічних досягнень здобувача вищої освіти здійснюється відповідно до «Положення про контроль і оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти у ХНУ».

**Таблиця - Критерії оцінювання навчальних досягнень здобувача вищої освіти**

| Оцінка та рівень досягнення | Узагальнений зміст критерія оцінювання |
| --- | --- |
| **Відмінно (високий)** | Здобувач глибоко і у повному обсязі опанував зміст навчального матеріалу, легко в ньому орієнтується, вміло використовує понятійний апарат, пов’язує теорію з практикою. При відповіді допустив **дві-три несуттєві похибки.** |
| **Добре (середній)** | Здобувач виявив повне засвоєння навчального матеріалу, володіє понятійним апаратом, свідомо використовує теоретичні знання. Виклад відповіді грамотний, але можуть мати місце окремі неточності. Здобувач у відповіді допустив **дві-три несуттєві помилки.** |
| **Задовільно (достатній)** | Здобувач виявив знання основного програмного матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання, справляється з виконанням практичних завдань. Допускає **суттєві помилки** у відповіді. |
| **Незадовільно (недостатній)** | Здобувач виявив розрізнені, безсистемні знання, допускається помилок у визначенні понять, хаотично і невпевнено викладає матеріал. |

**Структурування дисципліни за видами навчальної роботи і оцінювання результатів навчання**

| Аудиторна робота | Контрольні заходи | Самостійна робота | Семестровий контроль | Разом |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Лабораторні роботи (бали)** | **Тестовий контроль ТК (бали)** | **ІДЗ (бали)** | **Іспит (бали)** | **Сума балів** |
| 18-30 | 6-10 | 12-20 | 24-40 | **60-100** |

**Таблиця - Співвідношення інституційної шкали оцінювання і шкали оцінювання ЄКТС**

| Оцінка ЄКТС | Рейтингова шкала балів | Іспит/диференційований залік |
| --- | --- | --- |
| A | 90-100 | **Відмінно/Excellent** |
| B, C | 73-89 | **Добре/Good** |
| D, E | 60-72 | **Задовільно/Satisfactory** |
| FX, F | 0-59 | **Незадовільно/Fail** |

## 10. Питання для самоконтролю результатів навчання

1. Поняття системи, її властивості та компоненти.
2. Класифікація систем за різними ознаками (природні, штучні, відкриті, закриті).
3. Поняття моделі та її роль у дослідженні систем.
4. Класифікація моделей (математичні, фізичні, імітаційні, концептуальні).
5. Основні етапи процесу моделювання (постановка задачі, розробка, експеримент, аналіз).
6. Концепція системного підходу до вирішення проблем.
7. Структурний та функціональний підходи до опису систем.
8. Поняття систем масового обслуговування (СМО) та їх компоненти.
9. Основні характеристики СМО: інтенсивність потоку заявок, час обслуговування.
10. Класифікація СМО за нотацією Кендалла-Лі.
11. Аналітичні методи розв’язання задач для СМО.
12. Одноканальні та багатоканальні СМО.
13. СМО з відмовами, з обмеженою та необмеженою чергою.
14. Поняття імовірнісного моделювання та його застосування.
15. Метод статистичних випробувань (метод Монте-Карло).
16. Алгоритми генерування псевдовипадкових чисел.
17. Методи генерування випадкових величин із заданим законом розподілу.
18. Поняття та принципи імітаційного моделювання.
19. Переваги та недоліки імітаційного моделювання порівняно з аналітичним.
20. Структура та компоненти імітаційної моделі.
21. Моделювання систем з дискретними та неперервними подіями.
22. Огляд сучасних програмних засобів для імітаційного моделювання.
23. Процеси валідації та верифікації імітаційних моделей.
24. Методи планування експериментів з імітаційними моделями.
25. Статистична обробка та інтерпретація результатів моделювання.
26. Сутність та мета системного аналізу.
27. Основні принципи та методологія системного аналізу.
28. Послідовність етапів проведення системного аналізу.
29. Методи формулювання проблеми та визначення цілей системи.
30. Декомпозиція як основний метод аналізу складних систем.
31. Поняття морфологічного аналізу та його застосування.
32. Методи експертних оцінок в системному аналізі (метод Дельфі).
33. Основи теорії прийняття рішень.
34. Прийняття рішень в умовах визначеності, ризику та невизначеності.
35. Критерії прийняття рішень (Вальда, Севіджа, Гурвіца, Лапласа).
36. Метод аналізу ієрархій Томаса Сааті.
37. Побудова та аналіз дерева рішень.
38. Поняття багатокритеріальної оптимізації та її методи.
39. Застосування парето-оптимальності для вирішення задач.
40. Поняття та елементи мереж Петрі.
41. Аналіз властивостей мереж Петрі (живість, безпечність, досяжність).
42. Моделювання паралельних та асинхронних процесів за допомогою мереж Петрі.
43. Управління складними організаційно-технічними системами.
44. Моделювання та реінжиніринг бізнес-процесів.
45. Роль системного аналізу в проєктуванні сучасних інформаційних систем.
46. Концепція життєвого циклу системи.
47. Поняття ефективності складних систем та критерії її оцінки.
48. Методи оцінки надійності та стійкості систем.
49. Проведення аналізу чутливості моделі до зміни параметрів.
50. Врахування людського фактору в системах “людина-машина”.

## 11. Навчально-методичне забезпечення

1. Ніколюк П. К. **Моделювання систем**: навч. посіб. для здобувачів вищої освіти спеціальності 122 Комп’ютерні науки. Вінниця: ДонНУ, 2023. 228 с.
2. Настенко Є.А., Павлов В.А., Городецька О.К., Корнієнко Г.A. **Методи моделювання складних систем і процесів**: навч. посіб. К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 144 c.
3. Міца О.В., Лавер В.О. **Системний аналіз**: навч.-метод. посіб. Ужгород: вид-во ПП «АУТДОР - ШАРК», 2021. 63 с.
4. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт.
5. Методичні рекомендації до виконання самостійної роботи та індивідуальних завдань.

## 12. Матеріально-технічне та програмне забезпечення

* **Апаратне забезпечення:** ПК, проєктор, доступ до мережі Інтернет.
* **Програмне забезпечення:** Visual Studio (або аналоги), браузер, текстовий редактор, безкоштовні онлайн-сервіси.

## 13. Рекомендована література

**Основна**

1. Ніколюк П. К. **Моделювання систем**: навч. посіб. Вінниця: ДонНУ, 2023. 228 с.
2. Настенко Є.А. та ін. **Методи моделювання складних систем і процесів**: навч. посіб. К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 144 c. URL: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/50988/1/Metody\_modeliuvannia.pdf
3. Міца О.В., Лавер В.О. **Системний аналіз**: навч.-метод. посіб. Ужгород: вид-во ПП «АУТДОР - ШАРК», 2021. 63 с. URL: https://t.ly/HhSA

**Додаткова**

1. Downey A.B. **Modeling and simulation in Python: An introduction for scientists and engineers** [Online]. 2021. 280 p. URL: https://github.com/AllenDowney/ModSimPy
2. Виклюк Я.І., Камінський Р.М., Пасічник В.В. **Моделювання складних систем**: навч. посіб. Львів: “Новий Світ-2000”, 2020. 404 c. URL: https://ns2000.com.ua/wp-content/uploads/2019/07/Modeliuvannia%20skladnykh\_system.pdf
3. Li R., Nakano A. **Simulation with Python: Develop simulation and modeling in natural sciences, engineering, and social sciences** [Online]. CA: Apress Berkeley, 2022. 175 p. URL: https://doi.org/10.1007/978-1-4842-8185-7

## 14. Інформаційні ресурси

1. Модульне середовище для навчання: https://msn.khmnu.edu.ua/
2. Електронна бібліотека університету: http://lib.khmnu.edu.ua/
3. Репозитарій ХНУ: https://elar.khmnu.edu.ua/

## МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ ТА СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ

|  |  |
| --- | --- |
| **Тип дисципліни** | **Обов’язкова** |
| **Рівень вищої освіти** | **Перший (бакалаврський)** |
| **Мова викладання** | Українська |
| **Семестр** | **Третій** |
| **Кількість призначених кредитів ЄКТС** | **5,0** |
| **Форми здобуття освіти, для яких викладається дисципліна** | **Очна (денна)** |

**Результати навчання.** **Після вивчення дисципліни студент повинен: вміло використовувати понятійний апарат; уміти виконувати операції над моделями систем, проводити системний аналіз; визначати основні властивості системи та відповідні методики для їх моделювання; характеризувати оптимальні моделі та фундаментальні принципи дослідження систем; підбирати алгоритми та програмне забезпечення з метою розв’язання класу задач; проєктувати за різними методиками типові завдання та способи їх розв’язання; виконувати масштабування та проєктування моделей, перенесення та узагальнення систем.**

**Зміст навчальної дисципліни.** **Вступ до теорії систем; моделювання СМО; ймовірнісне та імітаційне моделювання; програмне забезпечення моделювання; основи системного аналізу; прийняття рішень та оптимізація; практичне застосування моделювання.**

**Пререквізити:** **Вища математика, Дослідження операцій та основи теорії прийняття рішень.**

**Кореквізити:** **Теорія алгоритмів, Інтелектуальний аналіз даних.**

**Запланована навчальна діяльність:** **Мінімальний обсяг навчальних занять в одному кредиті ЄКТС навчальної дисципліни для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за денною формою здобуття освіти становить 10 годин на 1 кредит ЄКТС.**

**Форми (методи) навчання:** **лекції (з використанням методів візуалізації, проблемного й інтерактивного навчання); лабораторні заняття (з використанням інструктування, майстер-класів, розв’язування типових і прикладних задач); самостійна робота (опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до виконання лабораторних робіт, виконання індивідуальних завдань).**

**Форми оцінювання результатів навчання:** **оцінювання роботи на лабораторних заняттях; захист звітів з лабораторних робіт; тестування; оцінювання індивідуального завдання.**

**Вид семестрового контролю:** **іспит – 3 семестр.**

**Навчальні ресурси:**

1. Ніколюк П. К. **Моделювання систем**: навч. посіб. Вінниця: ДонНУ, 2023. 228 с.
2. Настенко Є.А. та ін. **Методи моделювання складних систем і процесів**: навч. посіб. К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 144 c.
3. Міца О.В., Лавер В.О. **Системний аналіз**: навч.-метод. посіб. Ужгород: вид-во ПП «АУТДОР - ШАРК», 2021. 63 с.
4. Downey A.B. **Modeling and simulation in Python** [Online]. 2021. 280 p.
5. Виклюк Я.І. та ін. **Моделювання складних систем**: навч. посіб. Львів: “Новий Світ-2000”, 2020. 404 c.
6. **Модульне середовище для навчання.** Доступ до ресурсу: https://msn.khmnu.edu.ua/
7. **Електронна бібліотека університету.** Доступ до ресурсу: http://library.khmnu.edu.ua/

**Викладачі:** доктор філософії, доцент Пало РАДЮК