

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ  
імені адмірала Макарова

Навчально-науковий інститут комп'ютерних наук та управління проєктами  
Кафедра програмного забезпечення автоматизованих систем

Код РНПД T84616



**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Program of the Discipline**

**Математичне моделювання систем і процесів та методи оптимізації**

**Mathematical modeling of systems and processes and optimization methods**

рівень вищої освіти: другий (магістерський)

тип дисципліни: обов'язкова

мова викладання: українська

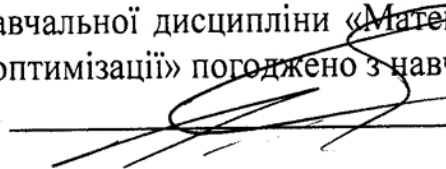
Робоча програма навчальної дисципліни «Математичне моделювання систем і процесів та методи оптимізації» є однією із складових комплексної підготовки фахівців галузі знань 12 «Інформаційні технології» спеціальність 124 «Системний аналіз» освітня програма «Інформаційні технології інтелектуального аналізу даних та проєктування програмних систем».  
“ 10” червня 2024 року. – 20 с.

Розробник: Приходько С.Б., завідувач кафедри програмного забезпечення автоматизованих систем, д.т.н., професор.

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Математичне моделювання систем і процесів та методи оптимізації» узгоджено з гарантом ОП  
Гарант освітньої програми “Інформаційні технології інтелектуального аналізу даних та проєктування програмних систем» кандидат фізико-математичних наук, доцент  Л.О. Латанська

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Математичне моделювання систем і процесів та методи оптимізації» розглянуто на засіданні кафедри програмного забезпечення автоматизованих систем  
Протокол №12 від «13» червня 2024 р  
Завідувач кафедри  С.Б. Приходько

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Математичне моделювання систем і процесів та методи оптимізації» розглянуто Навчально-методичною комісією Навчально-наукового інституту комп'ютерних наук та управління проєктами.  
Протокол №11 від «13» червня 2024 р  
Голова  Т.А. Фаріонова

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Математичне моделювання систем і процесів та методи оптимізації» погоджено з навчальним відділом  
Начальник відділу  А.В. Лабарткава

Робочу програму навчальної дисципліни «Математичне моделювання систем і процесів та методи оптимізації» затверджено Навчально-методичною радою НУК  
Протокол № 6 від « 28 » серпня 2024 р  
Голова НМР НУК  С.О.Слободян

© НУК, 2024 рік

## ЗМІСТ

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| Вступ.....                                                                    | 4  |
| 1. Опис навчальної дисципліни .....                                           | 5  |
| 2. Мета вивчення навчальної дисципліни.....                                   | 6  |
| 3. Передумови для вивчення дисципліни .....                                   | 6  |
| 4. Очікувані результати навчання .....                                        | 6  |
| 5. Програма навчальної дисципліни .....                                       | 7  |
| 6. Засоби діагностики результатів навчання та методів їх демонстрування ..... | 11 |
| 7. Форми поточного та підсумкового контролю .....                             | 11 |
| 8. Критерії оцінювання результатів навчання .....                             | 13 |
| 9. Засоби навчання .....                                                      | 13 |
| 10. Рекомендовані джерела інформації.....                                     | 14 |
| Додаток А .....                                                               | 17 |

## **ВСТУП**

### **Анотація**

Підготовка фахівців, які здатні ставити розв'язувати складні задачі і проблеми з розроблення, забезпечення якості, впровадження та супроводу програмних систем, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог, потребує знань і вмінь у тому числі з математичного моделювання систем і процесів та методів оптимізації.

**Ключові слова:** математичне моделювання, математична модель, система, процес, метод оптимізації.

### **Abstract**

Training of specialists who are able to solve complex problems and problems in the development, quality assurance, implementation, and maintenance of software systems, which involves research and/or innovation and is characterized by the uncertainty of conditions and requirements, requires knowledge and skills, including mathematical modeling of systems and processes and methods of optimization.

**Key words:** mathematical modeling, mathematical model, system, process, method of optimization.

## 1. Опис навчальної дисципліни

| Найменування показників                                                                  | Галузь знань, спеціальність (освітня програма), освітній рівень                                                                                         | Характеристика навчальної дисципліни    |                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------|
|                                                                                          |                                                                                                                                                         | денна форма навчання                    | заочна форма навчання   |
| Кількість кредитів – 3                                                                   | Галузь знань 12 «Інформаційні технології»                                                                                                               | Нормативна                              |                         |
| Модулів – 1                                                                              |                                                                                                                                                         |                                         |                         |
| змістових модулів – 2                                                                    |                                                                                                                                                         | Рік підготовки                          |                         |
|                                                                                          |                                                                                                                                                         | 1-й                                     | 1-й                     |
| Електронний адрес РПНД на сайті Університету                                             | Спеціальність 124 «Системний аналіз»<br><br>Освітня програма «Інформаційні технології інтелектуального аналізу даних та проєктування програмних систем» | Семестр                                 |                         |
|                                                                                          |                                                                                                                                                         | 1-й                                     | 1-й                     |
|                                                                                          |                                                                                                                                                         | Лекції                                  |                         |
|                                                                                          |                                                                                                                                                         | 15 год.                                 | 8                       |
|                                                                                          |                                                                                                                                                         | Практичні, семінарські                  |                         |
|                                                                                          |                                                                                                                                                         | –                                       | –                       |
|                                                                                          |                                                                                                                                                         | Лабораторні                             |                         |
|                                                                                          |                                                                                                                                                         | 15 год.                                 | 6                       |
|                                                                                          |                                                                                                                                                         | Самостійна робота                       |                         |
|                                                                                          |                                                                                                                                                         | 60 год                                  | 76                      |
| Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних –2; самостійної роботи студента – 4 |                                                                                                                                                         | Освітній рівень: другий (магістерський) | Індивідуальні завдання: |
|                                                                                          | –                                                                                                                                                       |                                         | –                       |
|                                                                                          | Вид контролю: Екзамен                                                                                                                                   |                                         |                         |
|                                                                                          |                                                                                                                                                         | Форма контролю: комбінована             |                         |

## **2. Мета вивчення навчальної дисципліни**

Мета вивчення дисципліни «Математичне моделювання систем і процесів та методи оптимізації» є формування системи теоретичних знань і практичних навичок з математичного моделювання систем і процесів та методів оптимізації.

Основними завданнями вивчення дисципліни «Математичне моделювання систем і процесів та методи оптимізації» є: опанувати знання про основні поняття моделювання систем; принцип системного підходу в моделюванні систем; основні підходи до моделювання систем; математичне моделювання систем і процесів; статистичне моделювання систем і процесів на комп'ютері; ідентифікацію систем, методи оптимізації; навчити розробляти програмні генератори псевдовипадкових чисел та перевіряти їх якість; моделювати на комп'ютері випадкові процеси, стохастичні системи; виконувати параметричну ідентифікацію систем із застосуванням методів оптимізації.

В результаті вивчення дисципліни «Математичне моделювання систем і процесів та методи оптимізації» студенти повинні оволодіти загальними і фаховими компетентностями.

### **Загальні компетентності:**

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК3. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу

### **Спеціальні (фахові, предметні) компетентності:**

СК1. Здатність інтегрувати знання та здійснювати системні дослідження, застосовувати методи математичного та інформаційного моделювання складних систем та процесів різної природи.

СК5. Здатність моделювати, прогнозувати та проєктувати складні системи і процеси на основі методів та інструментальних засобів системного аналізу.

## **3. Передумови для вивчення дисципліни**

Передумови для вивчення дисципліни відсутні.

## **4. Очікувані результати навчання**

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у студентів таких результатів навчання:

РН2 Будувати та досліджувати моделі складних систем і процесів застосовуючи методи системного аналізу, математичного, комп'ютерного та інформаційного моделювання.

РН8 Здійснювати ідентифікацію та оцінювання параметрів математичних моделей об'єктів керування.

## **5. Програма навчальної дисципліни**

### **Змістовий модуль 1. Математичне моделювання процесів і систем**

**Тема 1.1. Вступ. Основні поняття математичного моделювання систем** [1, с. 3-6], [2, с. 15-44]

Інформація щодо занять з дисципліни; вимог з оформлення завдань (постановку задачі, методику рішення задачі, алгоритм рішення задачі, побудову програми за розробленим алгоритмом, верифікацію програми, аналіз результатів, висновки); поточний та кінцевий контроль успішності.

Мета та завдання дисципліни. Основні поняття математичного моделювання систем і процесів. Основні підходи до побудови математичних моделей систем і процесів. Неперервно-детерміновані моделі. Неперервно-стохастичні моделі. Дискретно-детерміновані моделі. Дискретно-стохастичні моделі. Похибки, які виникають при моделюванні систем на комп'ютері.

**Тема 1.2. Моделювання випадкових величин** [1, с. 7-21], [2, с. 112-156]

Загальні відомості про статистичне моделювання систем і процесів на комп'ютері. Загальна характеристика метода статистичного моделювання.

Псевдовипадкові числа та процедури їх генерації на комп'ютері. Перевірка якості генераторів псевдовипадкових чисел. Моделювання випадкових подій. Моделювання дискретних випадкових величин. Моделювання неперервних випадкових величин. Моделювання гаусівської випадкової величини. Моделювання системи неперервних випадкових величин. Моделювання залежних гаусівських випадкових величин.

**Тема 1.3. Моделювання випадкових процесів** [1, с. 22-27], [2, с. 210-212, 256, 257]

Статистичне моделювання випадкових процесів на комп'ютері. Білий шум. Моделювання білого шуму на комп'ютері. Моделювання стаціонарних випадкових процесів. Моделювання стаціонарних випадкових процесів за методом формуючих фільтрів. Визначення початкового значення кроку інтегрування за часом при моделюванні випадкових процесів. Умови збіжності при моделюванні випадкових процесів за різницевиими рівняннями.

**Тема 1.4. Моделювання стохастичних диференційних систем** [1, с. 28-32]

Статистичне моделювання стохастичних систем на комп'ютері. Моделювання стохастичних диференційних систем (СДС). Моделювання випадкових впливів на систему. Моделювання випадкового впливу на систему за допомогою білого шуму. Визначення інтенсивності білого шуму у разі його застосування у якості моделі випадкового впливу на систему. Визначення

початкового значення кроку інтегрування за часом при моделювання СДС у разі застосування різних моделей випадкових впливів. Умови збіжності при моделювання СДС за різницевиими рівняннями у разі застосування різних моделей випадкових впливів.

**Тема 1.5. Методи параметричної ідентифікації стохастичних систем** [1, с. 33-38], [12, с. 43-62]

Задача ідентифікації. Класифікація ідентифікації. Структурна ідентифікація. Параметрична ідентифікація. Існуючі підходи до вирішення задач ідентифікації систем і процесів. Функція втрат та її застосування для вирішення задач ідентифікації систем і процесів. Функція правдоподібності та її застосування для вирішення задач ідентифікації систем і процесів. Побудова функції правдоподібності. Існуючі методи параметричної ідентифікації стохастичних систем. Оцінювання параметрів математичних моделей за методом найменших квадратів, за методом максимальної правдоподібності, за методом моментів, за узагальненим методом моментів.

## **Змістовий модуль 2. Методи оптимізації**

**Тема 2.1. Методологічні основи оптимізації** [1, с. 33-38]

Задача оптимізації. Основні поняття оптимізації функції. Задача оптимізації. Класифікація особливих точок. Необхідні та достатні умови існування локального максимуму функції однієї змінної. Необхідні та достатні умови існування локального мінімуму функції однієї змінної. Необхідні умови існування локального максимуму функції багатьох змінних. Необхідні умови існування локального мінімуму функції багатьох змінних. Достатні умови існування локального максимуму функції багатьох змінних. Достатні умови існування локального мінімуму функції багатьох змінних. Методи оптимізації та їх класифікація. Градієнтні методи оптимізації.

**Тема 2.2. Параметрична ідентифікація стохастичних систем із застосуванням методів оптимізації** [1, с. 33-38], [12, с. 43-62]

Задача параметричної ідентифікації стохастичних систем. Оцінювання параметрів математичних моделей стохастичних систем за узагальненим методом моментів із застосуванням методів оптимізації. Формування цільової функції для рішення оптимізаційної задачі.

**Тема 2.3. Методи оптимізації на основі перетворення задачі** [1, с. 33-38]

Загальна схема рішення задачі оптимізації на основі її перетворення. Поняття штрафної функції. Основні типи штрафів. Перетворення за допомогою штрафної функції задачі умовної мінімізації у послідовність задач безумовної мінімізації.

## Структура навчальної дисципліни

| Назви змістових модулів і тем                                                                 | Кількість годин |              |      |      |              |              |      |      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------|------|------|--------------|--------------|------|------|
|                                                                                               | денна форма     |              |      |      | заочна форма |              |      |      |
|                                                                                               | усього          | у тому числі |      |      | усього       | у тому числі |      |      |
|                                                                                               |                 | л            | л.р. | с.р. |              | л            | л.р. | с.р. |
| Модуль 1                                                                                      |                 |              |      |      |              |              |      |      |
| Змістовий модуль 1. Математичне моделювання процесів і систем                                 |                 |              |      |      |              |              |      |      |
| Тема 1.1. Вступ. Основні поняття математичного моделювання систем                             | 9               | 2            | 2    | 5    | 9            |              | 1    | 8    |
| Тема 1.2. Моделювання випадкових величин                                                      | 9               | 2            | 2    | 5    | 9            | 2            | 1    | 6    |
| Тема 1.3. Моделювання випадкових процесів                                                     | 9               | 2            | 2    | 5    | 9            | 2            | 1    | 6    |
| Тема 1.4. Моделювання стохастичних диференційних систем                                       | 9               | 2            | 2    | 5    | 9            | 2            | 1    | 6    |
| Тема 1.5. Методи параметричної ідентифікації стохастичних систем                              | 9               | 2            | 2    | 5    | 9            |              |      | 9    |
| Разом за змістовим модулем 1                                                                  | 45              | 10           | 10   | 25   | 45           | 6            | 4    | 35   |
| Змістовий модуль 2. Методи оптимізації                                                        |                 |              |      |      |              |              |      |      |
| Тема 2.1. Методологічні основи оптимізації                                                    | 15              | 2            | 2    | 11   | 15           |              |      | 15   |
| Тема 2.2. Параметрична ідентифікація стохастичних систем із застосуванням методів оптимізації | 15              | 2            | 2    | 11   | 15           | 2            | 2    | 11   |
| Тема 2.3. Методи оптимізації на основі перетворення задачі                                    | 15              | 1            | 1    | 13   | 15           |              |      | 15   |
| Разом за змістовим модулем 2                                                                  | 45              | 5            | 5    | 35   | 45           | 2            | 2    | 41   |
| Усього годин                                                                                  | 90              | 15           | 15   | 60   | 90           | 8            | 6    | 76   |
| Разом за курсом                                                                               | 90              | 15           | 15   | 60   | 90           | 8            | 6    | 76   |

### Теми лабораторних робіт

| № з/п | Назва лабораторної роботи                                                                           | Кількість годин |   |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---|
|       |                                                                                                     | д               | з |
| 1.1   | Моделювання випадкової величини з рівномірним розподілом                                            | 2               | - |
| 1.2   | Моделювання гаусівської випадкової величини                                                         | 2               | - |
| 1.3   | Моделювання стаціонарного випадкового процесу                                                       | 2               | 2 |
| 1.4   | Моделювання нелінійної стохастичної диференціальної системи                                         | 2               | 2 |
| 1.5   | Моделювання нелінійної стохастичної диференціальної системи                                         | 2               | - |
| 2.1   | Оцінювання параметрів нелінійної стохастичної диференціальної системи узагальненим методом моментів | 2               | - |
| 2.2   | Оцінювання параметрів нелінійної стохастичної диференціальної системи узагальненим методом моментів | 2               | 2 |
| 2.3   | Оцінювання параметрів нелінійної стохастичної диференціальної системи узагальненим методом моментів | 1               | - |
|       | Разом                                                                                               | 15              | 6 |

### Самостійна робота

Розподіл годин самостійної роботи для студентів денної форми навчання:

- підготовка до лекційних занять – 1 год./1 год. занять;
- підготовка до лабораторних робіт – 1 год./1 год. роботи;
- підготовка до екзамену – 14 год. на 1 захід.

| № з/п | Назва теми                                                                          | Кількість годин |              |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------|
|       |                                                                                     | денна форма     | заочна форма |
| 1     | Підготовка до лекцій                                                                | 15              | 8            |
| 2     | Підготовка до лабораторних робіт                                                    | 15              | 6            |
|       | Самостійне вивчення тем курсу                                                       |                 |              |
| 3     | Основні поняття математичного моделювання систем                                    | 2               | 5            |
| 4     | Моделювання випадкових величин                                                      | 2               | 5            |
| 5     | Моделювання випадкових процесів                                                     | 2               | 5            |
| 6     | Моделювання стохастичних диференційних систем                                       | 2               | 5            |
| 7     | Методи параметричної ідентифікації стохастичних систем                              | 2               | 5            |
| 8     | Методологічні основи оптимізації                                                    | 2               | 5            |
| 9     | Параметрична ідентифікація стохастичних систем із застосуванням методів оптимізації | 2               | 5            |
| 10    | Методи оптимізації на основі перетворення задачі                                    | 2               | 5            |
| 11    | Підготовка домашньої контрольної роботи                                             | –               | 8            |
| 12    | Підготовка до екзамену                                                              | 14              | 14           |
|       | Разом                                                                               | 60              | 76           |

## **6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування**

Методи навчання:

- для всіх видів занять: робота з літературою, пояснення, дискусія, демонстрування;
- для лекційних занять: лекція, ілюстрування;
- для лабораторних занять: лабораторна робота, інструктаж, методи контролю і самоконтролю, фронтальне опитування, контрольні роботи (заочна форма), контрольні тестові роботи програмованого типу (перелік запитань і можливі варіанти відповідей).

Засобами діагностики і методами демонстрування результатів навчання є:

- екзамен;
- поточний модульний контроль (денна форма);
- презентації результатів виконаних завдань та досліджень;
- студентські презентації та виступи на наукових заходах.

## **7. Форми поточного та підсумкового контролю**

Досягнення студента оцінюються за 100-бальною системою Університету. Підсумкова оцінка навчального курсу включає в себе оцінки з поточного контролю і оцінки екзамену. У кожного компонента своя частка в загальній системі оцінок. У проміжних оцінках студент може набрати від 60 до 80 балів. Під компонентом проміжних оцінок розуміються поточні оцінки протягом семестру (активність, участь в дискусіях; виконання завдань та інше).

Поточний контроль проводиться для кожної лабораторної роботи та за результатами виконання завдань самостійної роботи. Він передбачає оцінювання теоретичної підготовки здобувачів вищої освіти із зазначеної теми (у тому числі, самостійно опрацьованого матеріалу) та набутих практичних навичок під час виконання завдань практичних робіт. Зарахування кредитів навчального курсу можливо тільки після досягнення результатів, запланованих РПНД, що виражається в одній з позитивних оцінок, передбачених чинним законодавством.

### Критерії оцінювання лабораторної роботи

| Бал | Критерії оцінювання                                                                                                                                                                                                                             |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10  | Робота виконана у встановлений термін. Виконана самостійно, чітко сформульовані цілі, завдання та гіпотеза досліджень. Застосовувалися коректні методи обробки отриманих результатів. У висновках проведена коректна інтерпретація результатів. |
| 8-9 | Робота виконана у встановлений термін. Студент виконує лабораторну роботу згідно з інструкцією, іноді після консультації викладача; описує спостереження; в цілому правильно складає звіт та робить висновки.                                   |
| 5-7 | Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент виконує лабораторну роботу згідно з інструкцією, іноді після консультації викладача; описує спостереження; складає звіт, що містить неточності у висновках та помилки.              |
| 3-4 | Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент виконує лабораторну роботу згідно з інструкцією; складений звіт містить неточності у висновках та помилки.                                                                          |
| 1-2 | Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент виконує лабораторну під керівництвом викладача; складений звіт містить неточності у висновках та помилки.                                                                           |
| 0   | Робота не виконувалася                                                                                                                                                                                                                          |

### Поточний модульний контроль у формі тестування

|                     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
|---------------------|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| % вірних відповідей | 100 | 90 | 80 | 70 | 60 | 50 | 40 | 30 | 20 | 10 | 0 |
| бал                 | 15  | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 8  | 6  | 4  | 2  | 0 |

### Критерії оцінювання контрольної роботи (заочна форма)

Контрольна робота складається з теоретичного питання та двох практичних завдань (задач). За кожне питання здобувач отримує максимально 10 балів.

| Кількість балів | Критерії оцінювання контрольної роботи                                                                                                               |                                                                                                         |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 | Теоретичне питання                                                                                                                                   | Практичне завдання (задача)                                                                             |
| 10              | Відповідь правильна, повна, логічна, містить аналіз, систематизацію, узагальнення, використані міжпредметні зв'язки, містить аргументовані висновки. | Практичне завдання виконано правильно, без зауважень                                                    |
| 7-9             | Відповідь в цілому правильна, достатньо повна, логічна; допущені несуттєві помилки та неточності у викладенні матеріалу.                             | Практичне завдання виконано повністю, але містить несуттєві недоліки (висновки, оформлення тощо)        |
| 4-6             | Відповідь частково правильна, містить неточності, недостатньо обґрунтована.                                                                          | Практичне завдання виконано повністю, але містить суттєві помилки у розрахунках або в методиці          |
| 1-3             | Відповідь містить значну кількість суттєвих помилок, не обґрунтована.                                                                                | Практичне завдання виконано частково та містить суттєві помилки розрахункового та методичного характеру |
| 0               | Здобувач не дає відповіді.                                                                                                                           | Практичне завдання не виконано                                                                          |

### Підсумковий контроль (екзамен)

Екзаменаційний білет складається з теоретичного питання та практичного завдання (задачі). За кожне питання здобувач отримує максимально 10 балів.

| Кількість балів | Критерії оцінювання на екзамені                                                                                                                      |                                                                                                         |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 | Теоретичне питання                                                                                                                                   | Практичне завдання (задача)                                                                             |
| 8-10            | Відповідь правильна, повна, логічна, містить аналіз, систематизацію, узагальнення, використані міжпредметні зв'язки, містить аргументовані висновки. | Практичне завдання виконано правильно, без зауважень                                                    |
| 5-7             | Відповідь в цілому правильна, достатньо повна, логічна; допущені несуттєві помилки та неточності у викладенні матеріалу.                             | Практичне завдання виконано повністю, але містить несуттєві недоліки (висновки, оформлення тощо)        |
| 3-4             | Відповідь частково правильна, містить неточності, недостатньо обґрунтована.                                                                          | Практичне завдання виконано повністю, але містить суттєві помилки у розрахунках або в методиці          |
| 1-2             | Відповідь містить значну кількість суттєвих помилок, не обґрунтована, використовується невірна термінологія.                                         | Практичне завдання виконано частково та містить суттєві помилки розрахункового та методичного характеру |
| 0               | Здобувач не дає відповіді.                                                                                                                           | Практичне завдання не виконано                                                                          |

### 8. Критерії оцінювання результатів навчання

| Елемент програми     |          | Денне відділення   |      | Заочне відділення  |      |
|----------------------|----------|--------------------|------|--------------------|------|
|                      |          | Вид роботи         | Бали | Вид роботи         | Бали |
| ЗМ1                  | Тема 1.1 | Лабораторна робота | 10   | Лабораторна робота | 10   |
|                      | Тема 1.2 | Лабораторна робота | 10   | Лабораторна робота | 10   |
|                      | Тема 1.3 | Лабораторна робота | 10   | Лабораторна робота | 10   |
|                      | Тема 1.4 | Лабораторна робота | 10   | Лабораторна робота | 10   |
|                      | Тема 1.5 |                    |      |                    |      |
|                      | ПМК      | Тест               | 15   |                    |      |
| ЗМ2                  | Тема 2.1 |                    |      |                    |      |
|                      | Тема 2.2 | Лабораторна робота | 10   | Лабораторна робота | 10   |
|                      | Тема 2.3 | Заключне заняття   |      |                    |      |
|                      | ПМК      | Тест               | 15   |                    |      |
|                      | КР       |                    |      | Контрольна робота  | 30   |
| Підсумковий контроль |          | Екзамен            | 20   | Екзамен            | 20   |
| Сума балів           |          |                    | 100  |                    | 100  |

#### Заохочувальні бали:

стаття у фаховому виданні\* .....+ 20 балів;

участь у конференції (тези доповідей конференції)\* .....+ 5 балів.

(\*за тематикою дисципліни)

## **9. Засоби навчання**

Навчальний процес потребує використання:

- мультимедіа, відео- і звуковідтворювальної, проєкційної апаратури (проектори, екрани, смартдошки тощо);
- комп'ютерів, комп'ютерних систем та мереж;
- програмного забезпечення (для підтримки дистанційного навчання та ін.);
- власних мобільних пристроїв (смартфони, планшети, ноутбуки, тощо);
- бібліотечні фонди (підручники і навчальні посібники, методичні рекомендації, наукова література тощо).

## **10. Рекомендовані джерела інформації з дисципліни «Математичне моделювання систем і процесів та методи оптимізації»**

### **Основна література**

1. Методичні вказівки та завдання до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Математичне моделювання систем і процесів та методи оптимізації» [Текст] / С. Б. Приходько, Н. В. Приходько, Л. М. Макарова, А. В. Пухалевич. – Миколаїв: НУК, 2020. – 40 с.
2. Томашевський В.М. Моделювання систем [Текст] / В. М. Томашевський. – К: Видавнича група ВНУ, 2005. – 352 с.

### **Допоміжна**

1. Моделювання та оптимізація систем: підручник /[Дубовой В. М., Кветний Р. Н., Михальов О. І., Усов А. В.] –Вінниця : ПП «ТД«Еднльвейс», 2017. – 804 с.
2. Обод І.І. Математичне моделювання систем: навч. посіб. для студентів спеціальностей «Комп'ютерна інженерія», «Комп'ютерні науки та інформаційні технології» / І. І. Обод, Г. Е. Заволодько, І. В. Свид. – Харків : Друкарня МАДРИД, 2019. – 268 с.
3. Приходько, С.Б. Моделювання гаусівських випадкових величин на основі перетворення Джонсона із сім'ї  $S_B$  [Текст] / С. Б. Приходько // Інформатика та математичні методи в моделюванні. – 2012. – т.2, №1. – С. 64-69.
4. Приходько, С.Б. Використання перетворення Джонсона для отримання випадкових чисел з рівномірним розподілом за значеннями випадкової величини з довільним розподілом [Текст] / С. Б. Приходько // Системи обробки інформації. – 2012. – Вип. 4 (102), Т.2. – С. 128-130. – ISSN 1681-7710.

5. Приходько, С.Б. Моделювання залежних гаусівських випадкових величин на основі декомпозиції кореляційної матриці та перетворення Джонсона [Текст] / С. Б. Приходько // Проблеми інформаційних технологій. – 2013. – №2 (014) – С. 75-77. – ISSN 1998-7005
6. Приходько, С.Б. Моделювання гаусівських випадкових величин із використанням перетворення Джонсона із сім'ї  $S_U$  [Текст] / С. Б. Приходько // Інформатика та математичні методи в моделюванні. – 2015. – т.5, №.1. – С. 92-97.
7. Приходько, С.Б. Методичні вказівки та завдання до виконання лабораторних робіт з дисципліни "Обробка експериментальних даних на комп'ютері" / С. Б. Приходько, Л. М. Макарова, К. С. Пугаченко. – Миколаїв: НУК, 2018. – 76 с.
8. Ситнік, В.Ф. Імітаційне моделювання: Навч. посібник [Текст] / В. Ф. Ситнік, Н. С. Орленко. – К.: КНЕУ, 1998. – 232 с.
9. Основи комп'ютерного моделювання: навч. посібник / М.С. Барабаш, П.М. Кір'язев, О.І. Лапенко, М.А. Ромашкіна. 2-е вид. стер. – К.: НАУ, 2019. – 492 с.
10. Heinz S. Mathematical Modeling. – Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag, 2011. – 476 p.
11. Prykhodko, S. Mathematical Modeling of Non-Gaussian Dependent Random Variables by Nonlinear Regression Models Based on the Multivariate Normalizing Transformations / S. Prykhodko, N. Prykhodko // In: Shkarlet S., Morozov A., Palagin A. (eds) Mathematical Modeling and Simulation of Systems (MODS'2020). MODS 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1265, 2021. – P.166-174. Springer, Cham. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-58124-4\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-030-58124-4_16)

### Інформаційні ресурси в інтернет

1. <http://nbuv.gov.ua/> – Сайт Національної бібліотеки України імені В. І. Вернадського.
2. <http://www.dnpb.gov.ua/> – Сайт Державної науково-педагогічної бібліотеки України імені В.О. Сухомлинського.
3. Стеценко, І.В. Моделювання систем: навч. посібник [Електронний ресурс] / І. В. Стеценко. – Черкаси: ЧДУ, 2010. – 399 с. – Режим доступу: [http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis64r\\_81/cgiirbis\\_64.exe?C21COM=2&I21DBN=VFEIR&P21DBN=VFEIR&Z21ID=&Image\\_file\\_name=DOC%2FIRE0000097.PDF&IMAGE\\_FILE\\_DOWNLOAD=1](http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis64r_81/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=VFEIR&P21DBN=VFEIR&Z21ID=&Image_file_name=DOC%2FIRE0000097.PDF&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1)
4. Ситнік, В.Ф. Імітаційне моделювання: Навч. посібник [Електронний ресурс] / В.Ф. Ситнік, Н.С. Орленко. – К.: КНЕУ, 1998. – 232 с. – Режим доступу: <http://www.kneu.dp.ua/moodle-new/mod/resource/view.php?id=16533&lang=en>

5. Приходько, С.Б. Моделювання гаусівських випадкових величин на основі перетворення Джонсона із сім'ї  $S_B$  [Електронний ресурс] / С. Б. Приходько // Інформатика та математичні методи в моделюванні. – 2012. – т.2, №1. – С. 64-69. – Режим доступу: [http://immm.opu.ua/files/archive/n1\\_v2\\_2012/n1\\_v2\\_2012.pdf](http://immm.opu.ua/files/archive/n1_v2_2012/n1_v2_2012.pdf)
6. Приходько, С.Б. Генерування випадкових чисел з розподілом Гауса на основі перетворення Джонсона із сім'ї  $S_U$  [Електронний ресурс] / С. Б. Приходько // Електронне видання "Вісник Національного університету кораблебудування". – Миколаїв: НУК, 2013. – № 4. – Режим доступу: <http://evn.nuos.edu.ua/article/download/28205/25142>
7. Приходько, С.Б. Моделювання гаусівських випадкових величин із використанням перетворення Джонсона із сім'ї  $S_U$  [Електронний ресурс] / С. Б. Приходько // Інформатика та математичні методи в моделюванні. – 2015. – т.5, №1. – С. 92-97. – Режим доступу: [https://www.researchgate.net/publication/307212325\\_SIMULATION\\_OF\\_GAUSSIAN\\_RANDOM\\_VARIABLES\\_USING\\_JOHNSON\\_SU\\_TRANSFORMATION\\_in\\_Ukrainian\\_Modeluvanna\\_gausivskih\\_vipadkovih\\_velicin\\_iz\\_vikoristannam\\_peretvorennia\\_Dzonsona\\_iz\\_sim%27i\\_SU\\_S\\_B\\_Prihodko\\_Informati](https://www.researchgate.net/publication/307212325_SIMULATION_OF_GAUSSIAN_RANDOM_VARIABLES_USING_JOHNSON_SU_TRANSFORMATION_in_Ukrainian_Modeluvanna_gausivskih_vipadkovih_velicin_iz_vikoristannam_peretvorennia_Dzonsona_iz_sim%27i_SU_S_B_Prihodko_Informati)
8. Методичні вказівки та завдання до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Математичне моделювання систем і процесів та методи оптимізації» / С. Б. Приходько, Н. В. Приходько, Л. М. Макарова, А. В. Пухалевич. – Миколаїв: НУК, 2020. – 40 с. – Режим доступу: <https://rep.nuos.edu.ua/server/api/core/bitstreams/e151a3d6-be38-48be-a3e8-be2aaba98720/content>
9. Thomas, D.B. Gaussian Random Number Generators [E-resource] / D. B. Thomas, W. Luk, P. H. W. Leong, J. D. Villasenor // ACM Computing Surveys. – 2007. – Vol. 39. – No. 4. – P.1-38. Access mode: [http://www.cse.cuhk.edu.hk/~phwl/mt/public/archives/papers/grng\\_acmcs07.pdf](http://www.cse.cuhk.edu.hk/~phwl/mt/public/archives/papers/grng_acmcs07.pdf)
10. Prykhodko S. A Modified Technique for Constructing Nonlinear Regression Models Based on the Multivariate Normalizing Transformations [E-resource] / Sergiy Prykhodko, Natalia Prykhodko // Selected Papers of the VIII International Scientific Conference "Information Technology and Implementation" (IT&I-2021). Workshop Proceedings (IT&I-WS-2021), Kyiv, Ukraine, December 1-3, 2021. CEUR Workshop Proceedings. – 2022. – Vol.3179. – CEUR-WS.org – P. 156-166. ISSN 1613-0073. [http://ceur-ws.org/Vol-3179/Paper\\_15.pdf](http://ceur-ws.org/Vol-3179/Paper_15.pdf)

Автор, д.т.н., професор

С.Б. Приходько

**Питання для модульного контролю знань та екзамену з дисципліни  
«Математичне моделювання систем і процесів та методи оптимізації»**

**Змістовий модуль 1. Математичне моделювання процесів і систем**

1. Що таке математичне моделювання (модель, система, процес)?
2. Принцип системного підходу в моделюванні систем.
3. Основні підходи до моделювання систем.
4. Основні підходи до побудови математичних моделей.
5. Неперервно-детерміновані моделі.
6. Неперервно-стохастичні моделі.
7. Дискретно-детерміновані моделі.
8. Дискретно-стохастичні моделі.
9. Похибки, які виникають при моделюванні систем на комп'ютері.
10. Що таке випадкова величина?
11. Що таке функція розподілу випадкової величини?
12. Яка випадкова величина є неперервною?
13. Що таке щільність ймовірності неперервної випадкової величини?
14. Від якої кількості параметрів залежить рівномірний розподіл?
15. Що таке довірна ймовірність, рівень значимості?
16. Що таке псевдовипадкові числа?
17. Чим відрізняються псевдовипадкові числа від випадкових?
18. Назвіть способи генерування випадкових чисел.
19. Наведіть приклад лінійного конгруентного генератору псевдовипадкових чисел.
20. Для чого здійснюється перевірка якості генераторів псевдовипадкових чисел?
21. Як перевіряють якість генераторів псевдовипадкових чисел?
22. Які параметри характеризують якість генератора псевдовипадкових чисел?
23. Чим відрізняються оціночні тести від графічних тестів?
24. В чому полягає перевага оціночних тестів?
25. Поясніть критерій  $\chi^2$  (критерій Пірсона).
26. Як визначити критичне значення  $\chi^2$ ?
27. Поясніть суть методу відбракування.
28. В чому недоліки методу відбракування?
29. Яку вибірку вважають малою (великою)?
30. За яким критерієм можна перевірити гіпотезу відносно нормальності закону розподілу ймовірностей у разі великої (малої) вибірки?
31. Як визначити вибірку дисперсію (незміщену точкову оцінку дисперсії) та точкову оцінку середнього квадратичного відхилення випадкової величини?
32. Як знайти оцінки параметрів розподілу Гауса за гістограмою?

33. Що таке довірчий інтервал, довірна ймовірність, рівень значимості?
34. Як визначають для нормальної генеральної сукупності  $\alpha$  %-ві довірчі границі точкової оцінки математичного сподівання?
35. Як визначають для нормальної генеральної сукупності  $\alpha$  %-ві довірчі границі точкової оцінки середнього квадратичного відхилення?
36. Що таке квантіль розподілу?
37. Що таке випадковий процес?
38. Які припущення використовують при аналізі випадкових процесів?
39. Дайте визначення стаціонарного випадкового процесу у широкому та вузькому розумінні.
40. Поясніть властивість ергодичності.
41. Що таке кореляційна функція?
42. Що таке спектральна щільність?
43. Що таке білий шум?
44. Як моделюють білий шум?
45. Що таке стохастичне диференціальне рівняння (СДР)?
46. Для чого СДР 2-го порядку перетворюють у систему двох СДР 1-го порядку?
47. Поясніть метод Ейлера.
48. Як визначити початкове значення кроку інтегрування за часом  $\Delta t$  ?
49. Як обрати крок інтегрування за часом  $\Delta t$  для нового прогону?
50. Який критерій збіжності використовують при знаходженні чисельного рішення СДР за методом Ейлера?
51. Яку систему називають стохастичною диференціальною системою?
52. Наведіть приклад математичної моделі, яка описує поведінку динамічного об'єкту при дії на нього випадкових впливів.
53. Чому у якості моделі випадкового впливу на систему можна використовувати білий шум?
54. Як здійснити моделювання випадкового впливу на систему за допомогою білого шуму?
55. Як знайти інтенсивність білого шуму у разі його застосування у якості моделі випадкового впливу на систему?
56. Задача ідентифікації. Класифікація ідентифікації.
57. Задача параметричної ідентифікації стохастичних систем та методи її рішення.
58. Задача ідентифікації. Класифікація ідентифікації.
59. Структурна ідентифікація.
60. Параметрична ідентифікація.
61. Підходи до вирішення задач ідентифікації систем і процесів.
62. Функція втрат та її застосування для вирішення задач ідентифікації систем і процесів.
63. Функція правдоподібності та її застосування для вирішення задач ідентифікації систем і процесів.
64. Побудова функції правдоподібності.

65. Існуючі методи параметричної ідентифікації стохастичних систем.
66. Оцінювання параметрів математичних моделей за методом найменших квадратів.
67. Оцінювання параметрів математичних моделей за методом максимальної правдоподібності.
68. Оцінювання параметрів математичних моделей за методом моментів.

## **Змістовий модуль 2. Методи оптимізації**

1. Задача оптимізації. Основні поняття оптимізації функції.
2. Градієнт функції.
3. Матриця Гесе.
4. Задача оптимізації. Класифікація особливих точок.
5. Необхідні та достатні умови існування локального максимуму функції однієї змінної.
6. Необхідні та достатні умови існування локального мінімуму функції однієї змінної.
7. Необхідні умови існування локального максимуму функції багатьох змінних.
8. Необхідні умови існування локального мінімуму функції багатьох змінних.
9. Достатні умови існування локального максимуму функції багатьох змінних.
10. Достатні умови існування локального мінімуму функції багатьох змінних.
11. Методи оптимізації та їх класифікація.
12. Градієнтні методи оптимізації.
13. Методи оптимізації на основі перетворення задачі.
14. Порівняльний аналіз методів оптимізації.
15. Застосування методів оптимізації до рішення задачі параметричної ідентифікації (оцінювання параметрів математичних моделей).
16. Оцінювання параметрів математичних моделей за узагальненим методом моментів.
17. Що є результатом множення вектору рядка на квадратну матрицю? Яка умова при цьому повинна виконуватися?
18. Що є результатом множення вектору рядка на вектор стовпчик? Яка умова при цьому повинна виконуватися?
19. Що є результатом транспонування вектору рядка?
20. Як визначається вагова матриця?
21. Як визначити зворотну матрицю?
22. Що визначають елементи вагової матриці?
23. Як визначаються елементи коваріаційної матриці?

- 24.У чому перевага узагальненого методу моментів в порівнянні з методом максимальної правдоподібності (методом моментів)?
- 25.В чому полягає недолік узагальненого методу моментів?
- 26.Загальна схема рішення задачі оптимізації на основі її перетворення.
- 27.Поняття штрафної функції. Основні типи штрафів.
- 28.Перетворення за допомогою штрафної функції задачі умовної мінімізації у послідовність задач безумовної мінімізації.