



# [RE-108] МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ТА СИСТЕМ



## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	17 - Електроніка, автоматизація та електронні комунікації
Спеціальність	172 - Електронні комунікації та радіотехніка
Освітня програма	172Мн РОС - Радіозв'язок і оброблення сигналів (ЄДЕБО id: 31175)172Мн РСІ - Радіосистемна інженерія (ЄДЕБО id: 31174)172Мн ІТР - Інтелектуальні технології радіоелектронної техніки (ЄДЕБО id: 49263)172Мн ІКР - Інформаційна та комунікаційна радіоінженерія (ЄДЕБО id: 49261)172Мн РКС - Радіотехнічні комп'ютеризовані системи (ЄДЕБО id: 49259)172Мн РЕІ - Радіоелектронна інженерія (ЄДЕБО id: 53272)172Мн РЕІ+ - Радіоелектронна інженерія (ЄДЕБО id: 57919)
Статус дисципліни	Нормативна
Форма здобуття вищої освіти	Очна
Рік підготовки, семестр	1 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	4 кред. (Лекц. 36 год, Практик. год, Лаб. 18 год, СРС. 66 год )
Семестровий контроль/контрольні заходи	Екзамен
Розклад занять	<a href="https://rozklad.kpi.ua">https://rozklad.kpi.ua</a>
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лекц.: <a href="#">Вишневий С. В.</a> , Лаб.: <a href="#">Вишневий С. В.</a> ,
Розміщення курсу	<a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=6433">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=6433</a>

### Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна «Математичне моделювання процесів та систем» передбачає вивчення

відповідних методів та алгоритмів, які можуть застосовуватися при побудові стохастичних моделей для моделювання різного роду процесів. Опанування відповідних тем дисципліни вимагає написання програм, які реалізують запропоновані алгоритми та методи, що розглядаються в рамках вивчення дисципліни. Результати вивчення дисципліни передбачають застосування відповідних знань та навичок для науково-практичної діяльності, а також можуть бути застосовані на етапі роботи над магістерською дисертацією.

### **Компетентності (загальні та фахові):**

**ЗК 12** Здатність досліджувати проблеми із використанням системного аналізу, синтезу та інших загальнонаукових методів пізнання.

**ФК 16** Здатність обирати оптимальні методи досліджень, модифікувати та адаптувати існуючі, розробляти нові методи досліджень відповідно до існуючих технічних засобів та формувати методику обробки результатів досліджень.

**ФК 17** Здатність демонструвати і використовувати знання сучасних комп'ютерних та інформаційних технологій та інструментів інженерних і наукових досліджень, розрахунків, обробки та аналізу даних, моделювання та оптимізації.

**ФК 18** Здатність використовувати технічне обладнання і устаткування, системи прийняття рішень, програмні засоби та інструменти для проведення наукового експерименту та обробки результатів експериментальних досліджень.

### **Програмні результати навчання.**

**ПРН 17** Розробляти алгоритми адаптивної обробки сигналів в сучасних радіотехнічних системах, що працюють в умовах апріорної невизначеності, та досліджувати їх ефективність шляхом статистичного моделювання на ЕОМ з використанням спеціалізованих програмних засобів.

**ПРН 18** Виявляти наукову сутність проблем у професійній сфері, обирати оптимальні методи їх розв'язання.

**ПРН 23** Синтезувати та моделювати поведінку систем.

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

Навчальна дисципліна «Математичне моделювання процесів та систем» дозволяє розширити базу знань, які стосуються задач обробки сигналів та моделювання процесів в радіотехнічних системах різного призначення

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

**Тема 1.** Предмет вивчення дисципліни. Види моделювання.

**Тема 2.** Класифікація математичних моделей.

**Тема 3.** Математичне моделювання як спосіб наукового пізнання.

**Тема 4.** Випадкові величини.

**Тема 5.** Методи генерування випадкової величини із рівномірним розподілом.

**Тема 6.** Методи генерування випадкової величин із заданим розподілом.

**Тема 7** Методи моделювання одновимірних випадкових процесів на основі відомих аналітичних моделей.

**Тема 8.** Авторегресійна модель першого порядку.

**Тема 9.** Моделювання багатовимірних випадкових полів.

**Тема 10.** Методика розрахунку параметрів двовимірної авторегресійної моделі заданого порядку.

**Тема 11.** Класифікація видів завад, що спотворюють випадковий процес.

**Тема 12.** Алгоритми фільтрації одновимірних випадкових процесів.

**Тема 13.** Алгоритми фільтрації двовимірних випадкових полів.

**Тема 14.** Реалізація алгоритмів калманівської та вінеровської фільтрації при обробці випадкових процесів та полів.

**Тема 15.** Двоетапні алгоритми обробки випадкових полів.

**Тема 16.** Методи двоетапної сумісної фільтрації та сегментації випадкового одновимірного процесу.

**Тема 17.** Методи двоетапної сумісної фільтрації та сегментації двовимірного випадкового поля.

**Тема 18.** Моделювання каналів зв'язку в радіотехнічних системах.

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

1. Обод І.І. Математичне моделювання систем: навчальний посібник. / І.І. Обод, Г.Е. Заволодько, І.В. Свид. — Харків : НТУ "ХПІ", 2019. — 268 с
2. Томашевський В.М. Моделювання систем. / В.М. Томашевський — К.: ВНУ, 2005.— 352 с.
3. Уривський, Л. О. Імітаційне моделювання систем і процесів у телекомунікаціях : навч. посіб. / Л. О. Уривський, А. В. Мошинська, С. О. Осипчук, — Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. — 202 с.
4. Павленко П.М. Математичне моделювання систем і процесів: навч. посіб. / П.М. Павленко, С.Ф. Філоненко, О.М. Чередніков, В.В. Трейтяк — К.: НАУ, 2017. — 392 с
5. Буяк Л.М. Імітаційне моделювання: методи і програми мовою С++ / Л.М. Буяк, В.К. Паучок — Тернопіль: ТНЕУ, - 2008. — 152 с.
6. Мєдведєв М. Г. Теорія ймовірностей та математична статистика : підручник / М. Г. Мєдведєв, І. О. Пащенко. — Київ : Ліра-К, 2017. — 536 с.
7. Стеценко І.В. Моделювання систем: навч. посіб. / І.В. Стеценко— Черкаси : ЧДТУ, 2010. — 399 с.
8. Огірко О.І., Теорія ймовірностей та математична статистика: навч. пос. / О.І. Огірко, Н.В. Галайко — Львів: ЛьвДУВС, 2017. — 292 с.
9. Барковський В.В., Барковська Н.В., Лопатін О.К. Теорія ймовірностей та математична статистика. / В.В.Барковський, Н.В. Барковська, О.К. Лопатін — К.: "Центр учбової літератури", 2010. — 422 с.

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

В ході опанування дисципліни використовується пояснювально-ілюстративний метод, метод проблемного навчання, інтерактивний метод, репродуктивний метод.

Лекція №1. Предмет вивчення дисципліни. Види моделювання.

Основні терміни та поняття, що використовуються для означення моделювання та створення математичних моделей. Види моделювання. Математичне моделювання . Фізичне моделювання. Макетування.

Лекція № 2. Класифікація математичних моделей.

Властивості математичних та імітаційних моделей. Характеристика математичних та імітаційних моделей. Порівняння різних видів математичних моделей. Етапи створення математичної моделі. Вимоги до математичних моделей. Приклади математичних моделей.

Лекція №3.Математичне моделювання як спосіб наукового пізнання.

Методи наукового пізнання: метафізичний, діалектичний, емпіричний, загальний, теоретичний. Роль математичного моделювання в процесі вивчення процесів або об'єктів, які досліджуються.

Лекція № 4.Випадкові величини.

Визначення випадкової величини. Математичне очікування, дисперсія та середньоквадратичне відхилення випадкової величини. Функція розподілу імовірності. Властивості функції розподілу імовірності. Функція розподілу щільності імовірності. Властивості функції розподілу щільності імовірності.

Лекція № 5.Методи генерування випадкової величини із рівномірним розподілом.

Фізичні методи генерування випадкової величини із рівномірним розподілом. Переваги та недоліки фізичних методів генерування. Алгоритмічні методи генерування випадкової величини із рівномірним розподілом. Переваги та недоліки алгоритмічних методів генерування. Визначення відповідності згенерованих послідовностей випадкових величин рівномірному розподілу. Дослідження особливостей реалізації алгоритмів генерування випадкових величин в середовищі розробки програмних засобів.

Лекція № 6.Методи генерування випадкової величин із заданим розподілом.

Методи генерування випадкових величин із заданим законом розподілу на основі згенерованих випадкових величин із рівномірним розподілом. Приклади генерування випадкових величин із заданим розподілом. Алгоритми генерування випадкової величини із гаусівським розподілом. Порівняння отриманих результатів із стандартними бібліотечними функціями середовища розробки програм.

Лекція № 7. Методи моделювання одновимірних випадкових процесів на основі відомих аналітичних моделей.

Дослідження згенерованої послідовності. Визначення кореляційної функції та порівняння із теоретичною. Оцінка дисперсії, математичного очікування. Побудова графіків реалізації та оцінки кореляційної функції. Реалізація алгоритмів в середовищі розробки комп'ютерних програм.

Лекція № 8. Авторегресійна модель першого порядку.

Визначення параметрів авторегресійної моделі заданого порядку на основі кореляційної функції. Реалізація алгоритмів визначення авторегресійної моделі вибраного порядку в середовищі розробки комп'ютерних програм.

Лекція № 9. Моделювання багатовимірних випадкових полів.

Визначення параметрів та характеристик по наявній реалізації багатовимірного випадкового поля. Аналіз кореляційної функції та спектральної щільності потужності багатовимірного випадкового поля. Генерування двовимірного випадкового поля із роздільною кореляційною функцією.

Лекція № 10. Методика визначення параметрів двовимірної авторегресійної моделі заданого порядку.

Оцінка кореляційної функції на основі тестової реалізації випадкового двовимірного процесу. Алгоритм Юла-Уокера для визначення параметрів моделі. Реалізація алгоритмів генерації випадкових полів в середовищі розробки комп'ютерних програм.

Лекція № 11. Класифікація видів завад, що спотворюють випадковий процес.

Моделі завад типу імпульсного шуму, спекл-шуму, адитивного білого гаусівського шуму.

Лекція № 12. Алгоритми фільтрації одновимірних випадкових процесів.

Реалізація та дослідження алгоритмів фільтрації одновимірних випадкових процесів. Оцінка ефективності роботи алгоритмів.

Лекція № 13. Алгоритми фільтрації двовимірних випадкових полів.

Алгоритми для придушення завад різного виду та їх реалізація. Дослідження ефективності обробки та аналіз результатів виконання застосованих алгоритмів.

Лекція № 14. Реалізація алгоритмів калманівської та вінеровської фільтрації при обробці випадкових процесів та полів.

Вивчення особливостей реалізації калманівської та вінеровської фільтрації та реалізація

відповідних алгоритмів в середовищі розробки та аналіз результатів виконання.

Лекція № 15. Двоетапні алгоритми обробки випадкових полів.

Двоетапний підхід до обробки випадкових процесів та випадкових полів. Переваги та недоліки двоетапних методів.

Лекція № 16. Методи двоетапної сумісної фільтрації та сегментації випадкового одновимірного процесу.

Двоетапна сумісна фільтрація та сегментація одновимірного неоднорідного випадкового процесу. Реалізація алгоритму двоетапної сумісної фільтрації та сегментації одновимірного неоднорідного випадкового процесу. Аналіз результатів обробки тестових даних.

Лекція № 17. Методи двоетапної сумісної фільтрації та сегментації двовимірного випадкового поля.

Двоетапна сумісна фільтрація та сегментація одновимірного неоднорідних випадкових полів на прикладі неоднорідних текстурних зображень, що отримуються в радіотехнічних системах різного призначення. Реалізація алгоритму двоетапної сумісної фільтрації та сегментації одновимірного неоднорідного випадкового процесу. Аналіз результатів обробки тестових даних.

Лекція № 18. Моделювання каналів зв'язку в радіотехнічних системах.

Використання методів теорії ймовірностей для моделювання каналів зв'язку в радіотехнічних системах та аналіз отриманих результатів в ході реалізації відповідних методів.

Лабораторні роботи

Лабораторна робота №1. Моделювання випадкової величини із рівномірним розподілом на основі симуляції фізичних генераторів.

Лабораторна робота №2. Моделювання випадкової величини із рівномірним розподілом за допомогою алгоритмічних методів.

Лабораторна робота №3. Моделювання випадкової величини на основі використання зворотної функції розподілу ймовірності.

Лабораторна робота №4. Моделювання випадкової величини із гаусівським розподілом функції щільності ймовірності.

Лабораторна робота №5. Моделювання випадкового процесу із експоненціальною кореляційною функцією.

Лабораторна робота № 6. Алгоритми обробки випадкового процесу.

Лабораторна робота №7. Авторегресійна модель генерування відліків випадкового поля.

ЛР, виконання якої дозволяє отримати додаткові бали

## 6. Самостійна робота студента

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1.	Особливості фізичного моделювання. Макетування.	2
2.	Етапи побудови математичних моделей. Вимоги до математичних моделей.	2
3.	Види наукового пізнання. Роль математичного моделювання в науковому пізнанні Властивості математичних моделей. Чутливість, стійкість, адекватність математичних моделей.	4
4.	Класифікація випадкових величин. Неперервні та дискретні випадкові величини	2
5.	Особливості реалізації алгоритмічних методів генерування випадкових величин із рівномірним розподілом. Недоліки алгоритмічних методів	2
6.	Моделювання одномірних випадкових процесів в середовищі MATLAB випадкових процесів із заданою кореляційною функцією. Визначення математичного та дисперсії випадкового процесу	4
7.	Знаходження параметрів авторегресійної моделі на основі оціненої кореляційної функції двомірного випадкового поля шляхом реалізації алгоритму в середовищі MATLAB	4
8.	Методи придушення завад при обробці одновимірних випадкових процесів та багатовимірних випадкових полів (двомірних випадкових полів, що можуть представлені у вигляді цифрових двомірних зображень). Придушення імпульсних завад, спекл-шуму, адитивного білого гаусівського шуму. Одновимірний фільтр Вінера. Одновимірний фільтр Калмана. Вінерівська фільтрація двомірних випадкових полів. Калманівська фільтрація двомірних випадкових полів	8
9.	Канал зв'язку із бінарною та квадратурною фазовою модуляцією. Дослідження каналу зв'язку при дії завади в середовищі MATLAB шляхом реалізації відповідних моделей	4
10.	Виконання ЛР, підготовка до МКР та Екзамену	34

## Політика та контроль

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

*Правила відвідування занять.*

Відвідування лекцій є обов'язковим. Перебуваючи на лекційному занятті потрібно завжди бути сфокусованим на темі лекції. В разі пропуску лекції обов'язковим є опанування відповідної теми лекції.

*Захист лабораторних робіт.*

Лабораторні роботи є істотно важливими. Їх виконає дозволяє на практиці застосувати та закріпити набуті знання. В разі відсутності на лабораторній роботі, студент зобов'язаний виконати лабораторну роботу або у час, що відведений для консультації, або у свій вільний

час. Лабораторні роботи мають бути захищені. Для кожної лабораторної роботи необхідно оформити протокол виконання, що містить результат виконання учбового завдання та висновки по роботі.

*Штрафні бали та доброчесність виконання завдань.*

Штрафні бали можуть нараховуватися за плагіат, коли студент здає чужу лабораторну роботу — в цьому випадку нараховуються від'ємні штрафні бали, що по модулю відповідають максимально можливому балу, який нараховується за відповідний вид роботи.

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

Рейтинг студента складається із балів, які він отримує за:

1. Виконання лабораторних робіт.
2. Тест.
3. Модульна контрольна робота.
3. Екзамен.

### 1. Виконання лабораторних робіт:

виконання всіх пунктів завдання, наявність звіту, проведення тестування алгоритму реалізації моделі, аналіз результатів, зроблені висновки — 8 балів

виконання переважної більшості завдання, наявність звіту, дані пояснення отриманих результатів — 3...7 балів

часткове виконання завдання, наявність звіту та висновків по роботі — 1...2 бали

неправильне виконання завдання або відсутність результатів роботи — 0 балів.

Максимальний бал, який може нараховуватися за лабораторну роботу без проведення захисту, становить 50% від максимального.

Всього пропонується для виконання 7 лабораторних робіт. Максимальна кількість балів, яку можна отримати за успішне виконання всіх лабораторних робіт становить 56 балів.

### 2. Тест. У формі надання письмових відповідей на перелік питань

- Правильна відповідь на всі питання — 4 бали
- Наявність помилок або неточностей — 1...3 бали
- Відсутність роботи — 0 балів

### 3. Модульна контрольна робота

Модульна контрольна пишеться в кінці семестру і передбачає контроль успішності засвоєння головних тем, які були розглянуті в кредитному модулі та вміння використовувати набуті знання для вирішення практичних завдань.

- Правильне виконання всіх пунктів завдання - 10 балів.
- Правильно виконано більше 90% завдань. Правильність ходу виконання завдань, наявність незначних похибок в чисельних обрахунках - 7...9 балів.
- Правильно виконано 75%-90% завдань. Правильність ходу виконання завдань, наявність



незначних похибок в чисельних обрахунках – 6...7 бали.

- Правильно виконано 50%-75% завдань. Існують окремі суттєві помилки - 4...6 бал.
- Наявні грубі помилки, відсутність правильно виконаних завдань, відсутність правильного ходу рішення завдань 0...3 бали.

Максимальна кількість балів, яку можна отримати за модульну контрольну роботу становить 10 балів.

### 3. Екзамен.

Студенти у яких менше 30 балів до екзамену не допускаються і мають доздати відповідні роботи або написати контрольну роботу для допуску на екзамен.

Екзаменаційний білет складається із 3 завдань. Максимальна кількість балів, яку можна отримати за екзамен становить 30 балів.

Відповідно до Положення щодо організації семестрового контролю при дистанційній формі навчання, остаточний бал по дисципліні може бути перерахований на основі семестрових рейтингових балів студента по вказаній у Положенні формулі.

$$R=60+40(R_i - RD)/(R_c - RD)$$

$R_i$  – сума балів, набраних здобувачем протягом семестру;

$R_c$  – максимальна сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру;

$RD$  – допусковий бал до екзамену

$R$  — фінальний бал за 100-бальною шкалою

#### **Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою**

<b>Кількість балів</b>	<b>Оцінка</b>
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

### **9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)**

Виконання лабораторних робіт передбачає використання персональної ЕОМ, а також відповідного програмного середовища для розробки та математичного моделювання.

#### **Опис матеріально-технічного та інформаційного забезпечення дисципліни**

*Лабораторії, обладнання, програмне забезпечення, опис макетів для проведення лабораторних робіт та їх кількість*

---

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

**Складено** [Вишневий С. В.](#);

**Ухвалено** кафедрою РТС (протокол № 06/23 від 22.06.2023 )

**Погоджено** методичною комісією факультету/ІНІ (протокол № 06-2023 від 29.06.2023 )