

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

**ЗАТВЕРДЖУЮ:**

В.о. декана факультету  
комп'ютерних інформаційних  
технологій

Ігор ЯКИМЕНКО

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАТВЕРДЖУЮ:**

В. о. проректора з науково-  
педагогічної роботи

Віктор ОСТРОВЕРХОВ

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## РОБОЧА ПРОГРАМА

з дисципліни

### «ЦИФРОВА ОБРОБКА СИГНАЛІВ»

Ступінь вищої освіти – бакалавр

Галузь знань – 15 Автоматизація та приладобудування

Спеціальність – 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітньо-професійна програма – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем

Форма навчання	Курс	Семестр	Лекції (год.)	Лабораторні роботи (год.)	ІРС (год.)	Тренінг КПЗ (год.)	СРС (год.)	Разом (год.)	Екзамен (сем.)
Денна	3	5	28	28	3	8	83	150	5

31.08.2023  
[Signature]

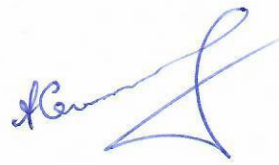
Тернопіль

Робоча програма складена на основі освітньо-професійної програми підготовки бакалавра галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування спеціальності – 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, затвердженої на засіданні Вченої ради ЗУНУ  
протокол № 9 від 26.05.2021р.

Робочу програму склав доцент кафедри спеціалізованих комп'ютерних систем,  
к.т.н. Албанський Іван Богданович

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри спеціалізованих комп'ютерних систем  
протокол № 1 від 28.08.2023р.

Завідувач кафедри СКС



Андрій СЕГІН


Розглянуто та схвалено групою забезпечення спеціальності автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології  
протокол № 1 від 31.08.2023р.

Голова групи  
забезпечення спеціальності



к.т.н., доцент Андрій СЕГІН

Гарант ОП



к.т.н., доцент Ігор ПІТУХ

# СТРУКТУРА РОБОЧОЇ ПРОГРАМИ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

## 1. Опис дисципліни „Цифрова обробка сигналів”

2.

Дисципліна – Цифрова обробка сигналів	Галузь знань, спеціальність, СВО	Характеристика навчальної дисципліни
Кількість кредитів –5	Галузь знань 15 - Автоматизація та приладобудування	Статус дисципліни – обов’язкова Мова навчання - українська
Кількість залікових модулів – 4	Спеціальність - 151 Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології	Рік підготовки – 3 Семестр –5
Кількість змістових модулів –2	Ступінь вищої освіти – бакалавр	Лекції –28 год. Лабораторні заняття – 28 год.
Загальна кількість годин – 150		СРС – 83 год, Тренінг, КПЗ – 8 год. Індивідуальна робота 3 год.
Тижневих годин: 10 год., з них аудиторних –4 год.		Вид підсумкового контролю – екзамен

## 2. Мета й завдання вивчення дисципліни .

### 2.1. Мета вивчення дисципліни.

Метою навчальної дисципліни “Цифрова обробка сигналів” є вивчення основних методів обробки сигналів та зображень, що генеруються, передаються, аналізуються, приймаються і зберігаються в сучасних автоматизованих комп’ютерних системах.

### 2.2 Завдання вивчення дисципліни.

Основними завданнями і напрямками освоєння запропонованої дисципліни є:

- вивчення типових сигналів, що використовуються в цифровій техніці та телекомунікаційних системах;
- вивчення характеристик типових тестових сигналів, що використовуються при аналізі ;
- вивчення сучасних способів дослідження та обробки сигналів;
- вивчення практичних підходів розробки цифрових модулів та систем для формування та обробки сигналів;
- ознайомлення з основними апаратно-технічними засобами імітаційного моделювання та обробки сигналів;
- оволодіння методами імітаційного моделювання та обробки сигналів із застосуванням пакетів прикладних програм.

### 2.3. Найменування та опис компетентностей, формування котрих забезпечує вивчення дисципліни.

К22 Здатність застосовувати методи цифрової обробки сигналів для аналізу характеристик об’єктів управління та проектування комунікаційних мереж в системах автоматизованого управління.

К23. Здатність будувати інформаційні моделі об’єктів управління з метою визначення та контролю їх станів.

### 2.4 Передумови для вивчення дисципліни

Теоретичною базою вивчення дисципліни "Цифрова обробка сигналів" є попередні навчальні дисципліни: «Теорія інформації та кодування».

### 2.5. Результати навчання.

ПР15. Знання способів обробки сигналів та зображень, які базуються на методах статистики та чисельної математики, основ кореляційного та спектрального аналізу сигналів, основ теорії статистичних випробувань при обробці сигналів і теорії розпізнавання образів та вміння застосовувати методи та алгоритми цифрової обробки різноманітних типів сигналів для вирішення практичних задач.

ПР16. Вміти визначати та контролювати характеристики об'єктів управління на основі побудови їх спектральних, кореляційних, ентропійних, логіко-статистичних та ін. інформаційних моделей.

### 3. Програма дисципліни.

*Змістовний модуль 1. Основи аналізу сигналів.*

**Тема 1. Сигнали та їх класифікація.** Енергія сигналу. Тестові сигнали.

Література: 1, 3.

**Тема 2. Ряди Фур'є: синусно–косинусна, дійсна та комплексна форми представлення. Послідовність прямокутних імпульсів.** Перетворення Фур'є і його властивості. Згортка сигналів та їх спектр.

Література: 1, 5.

**Тема 3. Кореляційний аналіз.** Кореляційна і взаємно кореляційна функції, та їх зв'язок із спектрами сигналів.

Література: 1, 6.

**Тема 4. Комплексна огибаюча.** Перетворення Гілберта і спектр аналітичного сигналу.

Література: 4.

**Тема 5. Випадкові сигнали.** Числові характеристики випадкових процесів. Стаціонарні, ергодичні і спектральні характеристики випадкових процесів. Ефективна ширина спектру, білий шум.

Література: 2, 3.

**Тема 6. Аналогові, дискретні і цифрові сигнали.** АЦП і ЦАП. Спектр дискретного сигналу. Лінійні і стаціонарні системи. Частота Найквіста. Теорема Котельникова.

Література: 6.

**Тема 7. Простір дискретних сигналів.** Способи опису. Аналогові фільтри прототипи. Фільтри першого і другого порядку. Рекурсивні та нерекурсивні дискретні фільтри та форми їх реалізації.

Література: 5.

**Тема 8. Дискретне перетворення Фур'є і його властивості.** Змінна частота дискретизації та інтеграція. Багатошвидкісна обробка сигналів. Зміна частоти дискретизації. Прорідження та інтерполяція.

Література: 7.

**Тема 9. Алгоритми швидкого перетворення Фур'є. (ШПФ) з прорідженням в часі і по частоті.**

Література: 8.

*Змістовний модуль 2. Адаптивні фільтри.*

**Тема 10. Основні поняття адаптивної обробки сигналу.** Використання адаптивних фільтрів.

Література: 1, 5.

**Тема 11. Цифрова обробка сигналів в електромережах на основі кореляційного аналізу.**

Література: 1, 5.

**Тема 12. Вейвлет аналіз та їх застосування в ЦОС.** Короткочасне перетворення Фур'є.

Література: 1, 4.

**Тема 13. Нейронні мережі, як імітація біологічних систем.** Структура нейромереж та їх особливість при обробці сигналів.

Література: 1, 3

#### 4. Структура залікового кредиту дисципліни „Цифрова обробка сигналів”.

	Кількість годин					
	Лекції	Лаб. роб.	СРС	Тренінг КПЗ	ІРС	Контр. зах.
<b>Змістовий модуль 1. Основи аналізу сигналів.</b>						
Тема 1. Сигнали та їх класифікація. Енергія сигналу. Тестові сигнали.	2	2	7	5	2	Пот. опит.
Тема 2. Ряди Фур'є: синусно–косинусна, дійсна та комплексна форми представлення. Послідовність прямокутних імпульсів. Перетворення Фур'є і його властивості. Згортка сигналів та їх спектр.	2	2	7			Пот. опит.
Тема 3. Кореляційний аналіз. Кореляційна і взаємно кореляційна функції, та їх зв'язок із спектрами сигналів.	2	2	7			Пот. опит.
Тема 4. Комплексна огинаюча. Перетворення Гілберта і спектр аналітичного сигналу.	2	2	7			Пот. опит.
Тема 5. Випадкові сигнали. Числові характеристики випадкових процесів. Стаціонарні, ергодичні і спектральні характеристики випадкових процесів. Ефективна ширина спектру, білий шум.	2	4	7			Пот. опит.
Тема 6. Аналогові, дискретні і цифрові сигнали. АЦП і ЦАП. Спектр дискретного сигналу. Лінійні і стаціонарні системи. Частота Найквіста. Теорема Котельникова.	2	2	7			Пот. опит.
Тема 7. Простір дискретних сигналів. Способи опису. Аналогові фільтри прототипи. Фільтри першого і другого порядку. Рекурсивні та нерекурсивні дискретні фільтри та форми їх реалізації.	2	2	7			Пот. опит.
Тема 8. Дискретне перетворення Фур'є і його властивості. Змінна частота дискретизації та інтеграція. Багатошвидкісна обробка сигналів. Зміна частоти дискретизації. Прорідження та інтерполяція.	2	2	7			Пот. опит.
Тема 9. Алгоритми швидкого перетворення Фур'є. (ШПФ) з прорідженням в часі і по частоті.	2	2	7			Письм. роб.
<b>Змістовий модуль 2. Адаптивні фільтри.</b>						
Тема 10. Основні поняття адаптивної обробки сигналу. Використання адаптивних фільтрів.	2	2	7	3	1	Пот. опит.
Тема 11. Цифрова обробка сигналів в електромережах на основі кореляційного аналізу.	2	2	7			Пот. опит.
Тема 12. Вейвлет аналіз та їх застосування в ЦОС. Короткочасне перетворення Фур'є.	2	2				
Тема 13. Нейронні мережі, як імітація біологічних систем. Структура нейромереж та їх особливості при обробці сигналів.	2	2	6			Письм. роб.
<b>Разом</b>	<b>28</b>	<b>28</b>	<b>83</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	

## 5. Тематика лабораторних занять.

### Лабораторне заняття № 1.

**Тема:** Згортка дискретних сигналів.

**Мета:** Ознайомитися з властивостями та методами обчислення згортки.

Література: 1-2.

### Лабораторне заняття № 2.

**Тема:** Дискретне перетворення Фур'є.

**Мета:** Вивчити властивості неперервного та дискретного перетворення Фур'є, дослідити спектри дискретних сигналів.

Література: 1, 2-3.

### Лабораторне заняття № 3.

**Тема:** Синтез цифрових фільтрів в середовищі MATLAB.

**Мета:** Вивчити методи проектування цифрових фільтрів.

Література: 1, 2.

### Лабораторне заняття № 4.

**Тема:** Дослідження комплексного коефіцієнта передачі досліджуваного пристрою.

**Мета:** Визначити коефіцієнт передачі АЧХ та ФЧХ фільтра Батерворта за допомогою Matlab.

Література: 3, 4.

### Лабораторне заняття № 5.

**Тема:** Дослідження функції інтерполяції.

**Мета:** Дослідити функцію інтерполяції, за допомогою програмного забезпечення MatLab.

Література: 2, 3.

### Лабораторне заняття № 6.

**Тема:** Робота в середовищі Matlab, структура Signal Processing Toolbox та генерація сигналів.

**Мета:** Отримати основні навички роботи в середовищі Matlab, вивчити можливості пакета Signal Processing Toolbox по генерації сигналів, вивчити властивості згортки.

Література: 2-5.

### Лабораторне заняття № 7.

**Тема:** Синтез цифрових фільтрів в середовищі MATLAB.

**Мета:** Вивчити методи проектування цифрових фільтрів.

Література: 1-6.

### Лабораторне заняття № 8.

**Тема:** Дослідження функції передискретизації за допомогою програмного середовища MATLAB.

**Мета:** Вивчити основні функції MATLAB для виконання передискретизації, засвоїти навички роботи на MATLAB.

Література: 4-6.

### Лабораторне заняття № 9.

**Тема:** Дослідження Гаусового радіоімпульса.

**Мета:** Ознайомитись з функціями дослідження Гаусового радіоімпульсу gausspuls.

Література: 6, 7.

## 6. Комплексне практичне індивідуальне завдання.

Індивідуальна робота студента передбачає виконання комплексного практичного індивідуального завдання, яке виконується кожним студентом самостійно.

Варіанти КПЗ з дисципліни „Цифрова обробка сигналів”:

- назвіть типи сигналів, що використовуються в радіотехнічних системах;
- сформулювати теорему про відліки (Котельнікова) та привести її графічну інтерпретацію;
- як вплине на спектр дискретизованого сигналу збільшення/зменшення частоти дискретизації;
- що таке функція вікна;
- в чому полягає процес квантування дискретного сигналу;
- наведіть модель гаусового шуму та запишіть вираз для його густини розподілу;
- наведіть модель імпульсного шуму типу "сіле-і-перець";
- записати вираз неперервної згортки та привести її графічну інтерпретацію;
- у чому полягає фільтруюча властивість  $\delta$ -функції;
- записати вираз, що описує теорему про згортку (Бореля).

## 7. Тематика самостійної роботи студентів.

№	Тематика
1	Приклади розкладання сигналів в ряди Фур'є.
2	Приклади розрахунку перетворення Фур'є, властивості.
3	Лінійність, затримка зміна масштабу часу, диференційованість інтегрального сигналу.
4	Спектр згортки і добутку сигналів. Множення сигналу на гармонічну функцію.
5	Зв'язок перетворення Фурє і коефіцієнтів ряду Фурє.
6	Фур'є аналіз центрованих сигналів.
7	Дельта функція.
8	Функція одиничного стрибка.
9	Гармонічний сигнал.
10	Довільний періодичний сигнал.
11	Цифрова обробка сигналів в електромережах на основі кореляційного аналізу.
12	Розрахунок аналогових фільтрів-прототипів.
13	Функції генерації поодиноких імпульсів і періодичних сигналів.

### Організація і проведення тренінгу

*Порядок проведення тренінгу:*

Вступна частина проводиться з метою ознайомлення студентів з темою тренінгу.

Організаційна частина полягає у створенні робочого настрою у колективі студентів.

Практична частина реалізується шляхом виконання завдань з певних проблемних питань теми тренінгу.

Підведення підсумків. Обговорення результатів виконаних завдань. Обмін думками з питань, що виносились на тренінг.

*Рекомендується проведення тренінгу за наступною темою:*

- обробка сигналів за допомогою нерекурсивних та рекурсивних дискретних фільтрів;
- вейвлет аналіз;
- дискретизація і квантування.

## 8. Методи навчання.

У навчальному процесі використовуються: лекції, лабораторні заняття під керівництвом викладача, індивідуальні заняття, групова робота, самостійне вивчення спеціалізованих літературних джерел та джерел Інтернет. Виконання лабораторних робіт проводиться в комп'ютерній лабораторії із відповідним програмним забезпеченням.

## 9. Методи оцінювання.

В процесі вивчення дисципліни „Цифрова обробка сигналів” використовуються наступні методи оцінювання навчальної роботи студентів:

- поточний захист лабораторних робіт;
- оцінювання виконання КППЗ;
- ректорська контрольна робота;
- підсумковий екзамен.

Підсумковий бал (за 100-бальною шкалою) з дисципліни „Цифрова обробка сигналів” визначається як середньозважена величина, залежно від питомої ваги кожної складової залікового кредиту:

Семестр 5 – екзамен

Заліковий модуль 1	Заліковий модуль 2 (ректорська контрольна робота)	Заліковий модуль 3 (підсумкова оцінка за КППЗ)	Заліковий модуль 4 (письмовий екзамен)
20 %	20 %	20 %	40 %

1. Письмова робота – мах 60 балів. 2. Лабораторні роботи по 20 балів - мах 40 балів	1. Письмова робота – мах 60 балів. 2. Лабораторні роботи по 20 балів - мах 40 балів	1. Підготовка КППЗ – мах 40 балів. 2. Захист КППЗ – мах 40 балів. 4. Участь у тренінгах – мах 20 балів	1. Теоретичні питання: 3 питання по 20 балів - мах 60 балів. 2. Практичне завдання - мах 40 балів
--	--	--	--

### Шкала оцінювання

За шкалою ЗУНУ	За національною шкалою	За шкалою ECTS
90–100	відмінно	A (відмінно)
85–89	добре	B (дуже добре)
75–84		C (добре)
65–74	задовільно	D (задовільно)
60–64		E (достатньо)
35–59	незадовільно	FX (незадовільно з можливістю повторного складання)
1–34		F (незадовільно з обов'язковим повторним курсом)

### 10. Інструменти, обладнання, ПЗ, перелік наочних матеріалів, використання яких передбачає навчальна дисципліна.

№	Найменування	Номер теми
1	Мультимедійний проектор та проєкційний екран	1-12
2	Персональні комп'ютери	1-12
3	Наявність доступу до мережі Інтернет	1-12
4	Комунікаційне програмне забезпечення (Zoom) для проведення занять у режимі он-лайн (за необхідності)	1-12
5	Комунікаційна навчальна платформа (Moodle) для організації дистанційного навчання (за необхідності)	1-12
6	Спеціалізовані програмні продукти (MATLAB)	1-12

### РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Рибальченко М.О., Єгоров О.П., Зворикін В.Б. Цифрова обробка сигналів. Навчальний посібник. Дніпро, 2018. 79с.
2. Перелигін Б.В., Гор'єв С.А. Цифрова обробка супутникових зображень: конспект лекцій. / Одеса: , 2020. 192 с.
3. Рябенський В.М. Моделювання пристроїв обробки цифрових сигналів : Навч. 4. Посібник / Рябенський В.М. , Солобутко Л.В. – К.: Видавничий дім «Кондор», 2021. – 352 с.
5. Рябенський В.М. Цифрова схемотехніка. Навчальний посібник для ВНЗ (рекомендовано МОН України) / Гулий В.Д., Жуйков В.Я., Рябенський В.М. – Львів: «Новий світ-2000», 2022. – 736 с.