

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”

**“ЗАТВЕРДЖУЮ”**

Декан факультету електроніки

\_\_\_\_\_ Жуйков В.Я.

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2020 р.

\_\_\_\_\_ Жуйков В.Я.

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2021 р.

**“МЕТОДИ ОБРОБКИ АКУСТИЧНИХ СИГНАЛІВ”**

(назва навчальної дисципліни)

\_\_\_\_\_ (шифр за ОП)

**ПРОГРАМА**  
**навчальної дисципліни**

**рівень вищої освіти**

**бакалаврів**

**спеціальність**

**171 “Електроніка”**

(шифр і назва)

**освітня програма «Акустичні електронні системи та технології  
обробки акустичної інформації»**

(ОПП/ОНП, назва)

Ухвалено методичною комісією

ФЕЛ

Протокол № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ 2020 р.

Голова методичної комісії

\_\_\_\_\_ Катерина Клен

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020р.

Київ – 2020

Розробник програми:

професор, д.т.н., професор Продеус Аркадій Миколайович  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім.'я, по батькові)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Програму затверджено на засіданні кафедри акустичних та мультимедійних електронних систем

Протокол № 5 від 26.06.2020 р.

В.о. завідувача кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис)

С.А. Найда  
(ініціали, прізвище)

« 26 » 06 2020 р.

## Вступ

Програму навчальної дисципліни “Методи обробки акустичних сигналів” складено відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалаврів спеціальності 171 «Електроніка», освітня програма «Акустичні електронні системи та технології обробки акустичної інформації».

Навчальна дисципліна належить до циклу професійної та практичної підготовки.

Статус навчальної дисципліни – обов’язкова.

Обсяг навчальної дисципліни 5,5 кредитів ЄКТС.

Предметом навчальної дисципліни є широке коло методів обробки акустичних сигналів різної природи. Такі сигнали зустрічаються, наприклад, при технічному та медичному моніторингу, в завданнях діагностики, прогнозування, управління тощо.

В основі загального підходу, що охоплює різноманітні методи обробки акустичних сигналів, покладено такі математичні та інженерні дисципліни як математичний аналіз, теорія ймовірностей, математична статистика, теорія процесів і систем. Таким чином охоплюється значна частина напрямів розробки систем обробки акустичних сигналів, що дозволяє органічно пов’язати дисципліну «Методи обробки акустичних сигналів» з дисциплінами, що передують: "Ймовірнісні основи обробки даних", "Теорія випадкових процесів", «Теорія процесів і систем». Дисципліни, що забезпечуються: «Обробка зображень в медицині», «Акустичні інформаційні системи», «Комп’ютерні акустичні системи», «Проектування акустичних приладів та систем», «Комп’ютерна обробка акустичних сигналів», «Захист акустичної інформації».

### 1. Мета та завдання навчальної дисципліни

#### 1.1. Мета навчальної дисципліни.

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів здатностей аналізувати та синтезувати цифрові системи обробки акустичних сигналів, здійснювати системотехнічний підхід до побудови алгоритмів та систем обробки акустичних сигналів, володіти основами методик інженерного аналізу, моделювання та розрахунку конкретних акустичних систем та їх елементів, володіти знаннями стандартної термінології.

#### 1.2. Основні завдання навчальної дисципліни.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі результати навчання:

#### **знання:**

- методів розрахунку нерекурсивних та рекурсивних цифрових фільтрів;
- основних властивостей перетворень Фур’є та Гільберта;
- методів статистичної обробки випадкових процесів з особливим наголосом на спектрально-кореляційні методи;
- методів математичного моделювання акустичних сигналів та завад;
- використання середовища Matlab для моделювання та обробки акустичних сигналів та завад;

#### **уміння:**

- розраховувати параметри нерекурсивних цифрових фільтрів;
- розраховувати параметри рекурсивних цифрових фільтрів;
- виконувати моделювання та обчислення в середовищі Matlab в діалоговому режимі;
- виконувати моделювання та обчислення в середовищі Matlab в програмному режимі;
- виконувати статистичний аналіз випадкових процесів: обчислення середнього, дисперсії, законів розподілу, функцій кореляції та спектрів потужності;

- створювати аналітичні та комп'ютерні моделі мовленнєвих та музичних сигналів;

#### досвід:

- розрахунку нерекурсивних та рекурсивних цифрових фільтрів;
- моделювання акустичних сигналів та завад;
- цифрової фільтрації акустичних сигналів, завад та їх моделей;
- практичного застосування перетворень Фур'є та Гільберта при обробці акустичних сигналів та завад;
- розробки комп'ютерних програм в середовищі Matlab для обробки акустичних сигналів та їх моделей.

## 2. Структура навчальної дисципліни

На вивчення навчальної дисципліни відводиться 165 годин/ 5,5 кредитів ECTS.

Навчальна дисципліна містить кредитні модулі:

- 1) Методи обробки акустичних сигналів
- 2) розрахунково-графічна робота.

#### Рекомендований розподіл навчального часу

Форма навчання	Всього кредитів	Всього годин	Розподіл годин за видами занять						Кількість МКР	Вид індивідуального завдання	Семестрова атестація	
			Лекції	Практичні заняття	Семінарські заняття	Лабораторні роботи	Комп'ютерний практикум	СРС				
								Всього				У тому числі на виконання індивідуального завдання
денна	5,5	165	54	18	–	–	18	75	30	2	РГР	екз.

## 3. Зміст навчальної дисципліни

### Кредитний модуль 1.

#### Розділ 1. Цифрова обробка акустичних сигналів

- Тема 1.1. Цифрові нерекурсивні фільтри
- Тема 1.2. Цифрові рекурсивні фільтри
- Тема 1.3. Фільтри Кайзера
- Тема 1.4. Синтез оптимальних за Чебишовим фільтрів
- Тема 1.5. Спеціальні різновиди цифрових фільтрів: фільтри, що диференціюють та інтегрують
- Тема 1.6. Застосування Matlab для розрахунку цифрових фільтрів.
- Тема 1.7. Моделювання забарвленого шуму.
- Тема 1.8. Дискретне перетворення Гільберта.
- Тема 1.9. Чотири форми перетворення Фур'є.
- Тема 1.10. Дискретне перетворення Фур'є гармонічного сигналу.
- Тема 1.11. Алгоритм швидкого перетворення Фур'є.

#### Розділ 2. Статистична обробка акустичних сигналів

- Тема 2.1. Гістограмний метод оцінювання густини ймовірності випадкового процесу.
- Тема 2.2. Вимірювання математичного очікування стаціонарних випадкових процесів (СВП).

- Тема 2.3. Вимірювання дисперсії стаціонарних випадкових процесів.  
Тема 2.4. Вимірювання кореляційної функції стаціонарних випадкових процесів.  
Тема 2.5. Визначення спектру СВП: теорема Вінера-Хінчіна.  
Тема 2.6. Вимірювання спектрів потужності стаціонарних випадкових процесів.  
Тема 2.7. Спектрально-кореляційний аналіз процесів, лінійних та нелінійних систем

## **Кредитний модуль 2**

Розрахунково-графічна робота. Розрахунок і дослідження цифрових фільтрів засобами Matlab.

### **4. Рекомендована тематика практичних занять**

Основні завдання циклу практичних занять полягають в надбанні студентами необхідних практичних навиків розрахунку цифрових фільтрів як вручну, так і за допомогою середовища Matlab, засвоєння навичок користування перетвореннями Фур'є та Гільберта, глибоке розуміння зв'язку між фізичними та математичними моделями акустичних процесів та систем.

Тематика практичних занять:

- Цифрова фільтрація сигналів.
- Дискретні перетворення Фур'є та Гільберта.
- Цифрове диференціювання та інтегрування.
- Основи статистичної обробки сигналів.
- Вимірювання кореляційної функції стаціонарних випадкових процесів.
- Вимірювання спектрів потужності стаціонарних випадкових процесів.
- Спектрально-кореляційний аналіз процесів та лінійних систем.

### **5. Рекомендований перелік комп'ютерних практикумів**

Основні завдання циклу комп'ютерного практикуму полягає в придбанні студентами необхідних практичних навичок із статистичної обробки стаціонарних на нестационарних випадкових процесів, поглиблене розуміння зв'язку між фізичними та математичними моделями акустичних процесів та систем.

Тематика комп'ютерних практикумів:

- Знайомство із можливостями пакету sptool середовища Matlab.
- Розрахунок нерекурсивних фільтрів низької частоти та низькочастотна фільтрація мовних сигналів
- Побудова обвідної фрагменту мовного сигналу
- Кореляційна обробка сигналів: процедура та приклади застосування.
- Спектральна обробка сигналів: процедура та приклади застосування.

### **6. Рекомендовані індивідуальні завдання**

В кредитному модулі заплановано виконання розрахунково-графічної роботи (РГР) на тему «Розрахунок і дослідження цифрових фільтрів засобами Matlab». Мета роботи полягає в кращому засвоєнні теоретичних знань та здобуття практичних навичок з розрахунку нерекурсивних та рекурсивних фільтрів аналітичними методами та за допомогою ПЕОМ.

### **7. Рекомендована література**

#### **7.1. Базова**

1. Дідковський В.С., Дідковська М.В., Продеус А.М. Комп'ютерна обробка акустичних сигналів. – К.: ТОВ «Імекс-ЛТД», 2010. – 430 с.
2. Шрюфер Е. Цифрова обробка сигналів, (переклад з німецької), видавництво "Либідь", 1992.
3. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. – СПб.: Питер, 2002. -608с.
4. Рабинер Л., Гоулд Б. Теория и применение цифровой обработки сигналов. – М., «Мир», 1978.
5. Zolzer U. DAFX: Digital Acoustic Effects. - John Wiley & Sons, 2011. – 614 p.

## **7.2. Додаткова**

6. Крамер Г. Математические методы статистики. / Пер. с англ.; Под ред. А.Н. Колмогорова. — М.: Мир, 1975. — 648 с.
7. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники, тт.І, ІІ. – М., «Сов.радио», 1966,1968гг.
8. Пугачев В.С. Теория случайных функций и ее применение. – М., Физматгиз,1962.
9. Тихонов В.И. Статистическая радиотехника. – М., «Сов.радио»,1966.
10. Лившиц Н.А., Пугачев В.Н. Вероятностный анализ систем автоматического управления. Часть ІІ. Нелинейные системы. Системы дискретного действия.– М., «Сов.радио», 1963.
11. Абакумов В.Г., Геранін В.О., Рибін О.І., Сватош Й., Синєкоп Ю.С. Біомедичні сигнали та їх обробка. – К., ТОО “ВЕК+”, 1997.

## **8. Засоби діагностики успішності навчання**

Для діагностики успішності навчання передбачаються:

- дві модульні контрольні роботи з розділів 1 та 2;
- оцінювання захисту лабораторних робіт;
- оцінювання звіту та захисту розрахунково-графічної роботи.

## **9. Методичні рекомендації**

Найбільш поширеним програмним засобом, що буде використовуватися в роботі, є Matlab. Тому слід звернути увагу на особливості обробки звукових даних (особливо етапи вводу-виводу сигналів в ПК) в останніх версіях Matlab.

Ресурси Matlab у вигляді m-файлів досить широко представлено в Інтернеті, що значно полегшує їх використання та розробку на їх основі нових програм. Для більш зручної роботи студентів робочі матеріали та методичні вказівки надаються в електронному вигляді, що робить можливим навчання ще й у дистанційній формі (ресурс Moodle)

Програму склав професор кафедри  
акустичних та мультимедійних електронних систем,  
д.т.н., проф.

Аркадій Продеус