

Міністерство освіти і науки України

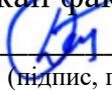
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет «Інформаційних радіотехнологій та технічного захисту інформації»

Кафедра «Медіаінженерія та інформаційні радіоелектронні системи»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан факультету ІРТЗІ

 Денис ГОРЕЛОВ

(підпис, прізвище, ініціали)

«01» 09 2025 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Комп'ютерна обробка акустичних сигналів

(шифр і назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти

магістерський

(бакалаврський, магістерський, освітньо-науковий)

спеціальність

171 – Електроніка

(код і повна назва спеціальності)

ОНП

Інженерія мікропроцесорних систем

(повна назва освітньої програми)

Харків – 2025 р.

Розробник: СШШШ С.О. Шейко, професор каф. МІРЕС, к.т.н., доцент

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри мікропроцесорних технологій і систем (МТС).

Протокол від 30.08.2025 р. № 1

Завідувач кафедри МТС

ЗШ
(підпис)

О.В. Зубков
(ініціали, прізвище)

30.08.2025 р.

Гарант ОНП

Інженерія мікропроцесорних систем:

ЗШ
(підпис)

О.В. Зубков
(ініціали, прізвище)

30.08.2025 р.

Схвалено методичною комісією факультету Інформаційних радіотехнологій та технічного захисту інформації.

Протокол від 01____09____2025 р. № 1

Голова методичної комісії

ШШ
(підпис)

О.О. Іванова
(ініціали, прізвище)

1 ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Характеристика навчальної дисципліни	
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів ЄКТС 5	Обов'язкові	
Змістових модулів 2	Рік підготовки:	
	2-й	-
Загальна кількість годин 90	Семестр	
	3-й	-
	Кількість годин	
	90	-
	Аудиторні: 1) лекції, год	
	16	-
Мова навчання Українська	2) практичні, год	
	6	-
	3) лабораторні, год	
	8	-
	4) консультації, год	
	6	-
	5) Самостійна робота, год	
	54	-
	Вид контролю: залік	
	6) Курсова робота	
-	-	

2 МЕТА ДИСЦИПЛІНИ ТА ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ З ЇЇ НАВЧАННЯ

2.1 Мета та завдання дисципліни

Метою вивчення дисципліни «Комп'ютерна обробка звукових сигналів» є формування у здобувачів знань, умінь і практичних навичок з аналізу, моделювання та цифрової обробки звукових сигналів різної природи (мовних, акустичних, шумових) із застосуванням алгоритмічних методів спектрального, часово-частотного та статистичного аналізу, а також набуття компетентностей у розробленні, оптимізації та реалізації алгоритмів обробки звуку в комп'ютерних і мікропроцесорних системах реального часу.

Завдання дисципліни

У процесі вивчення дисципліни здобувач має:

(Модуль 1. Аналіз і представлення звукових сигналів)

- ознайомитися з фізичними та інформаційними характеристиками звукових сигналів у контексті їх цифрового подання та комп'ютерної обробки;
- опанувати методи спектрального, часово-частотного та статистичного аналізу звукових сигналів, зокрема на основі ДПФ, ШПФ та віконних перетворень;
- навчитися формувати та інтерпретувати параметричні представлення звукових сигналів, придатні для подальшої алгоритмічної обробки;
- засвоїти принципи аналізу мовних сигналів як типових нестационарних процесів;
- отримати базові навички моделювання та синтезу звукових сигналів з використанням математичних і алгоритмічних моделей.

(Модуль 2. Алгоритми обробки та реалізація в комп'ютерних системах)

- навчитися методам оцінювання основних параметрів звукових сигналів, зокрема частоти основного тону, енергії та спектральних характеристик;
- отримати практичні навички цифрової обробки сигналів, включно з нормалізацією, динамічною обробкою та фільтрацією;
- вивчити алгоритмічні принципи реалізації ефектів на основі затримки та зворотного зв'язку з урахуванням обчислювальних обмежень;
- ознайомитися з методами цифрового еквалізування та параметричного спектрального коригування з позицій їх програмної реалізації;
- зрозуміти принципи побудови та функціонування комп'ютерних систем аналізу й розпізнавання звукових сигналів, а також критерії оцінювання ефективності відповідних алгоритмів.

2.2 Результати навчання

У результаті вивчення дисципліни здобувач вищої освіти повинен досягти таких програмних результатів навчання:

- P2. Моделювати та експериментально досліджувати об'єкти та процеси в електроніці та технології електронної промисловості;
- P7. Здійснювати інформаційний та науковий пошук з використанням наукової, технічної та довідкової літератури, баз даних і знань, інших джерел інформації; критично осмислювати та інтерпретувати наявні знання та дані, формувати напрями досліджень і розробок з урахуванням вітчизняного й закордонного досвіду;
- P10. Обирати оптимальні методи досліджень, модифікувати, адаптувати та розробляти нові методи;

– Р14. Досліджувати процеси у електронних компонентах, пристроях і системах з використанням сучасних експериментальних методів та обладнання, методів комп'ютерного моделювання, здійснювати статистичну обробку та аналіз результатів експериментів та розрахунків;

– Р17. Розробляти програмне забезпечення для електронних пристроїв з вбудованими мікроконтролерами, мікропроцесорами, програмованими інтегральними схемами, у тому числі здійснювати пошук оптимальних архітектур нейронних мереж для вбудованих систем, виконувати навчання нейронних мереж та вбудовувати програмне забезпечення з елементами штучного інтелекту у сучасні електронні апаратні платформи.

2.3 Перелік компетентностей

У результаті вивчення дисципліни здобувач вищої освіти набуває таких загальних компетентностей:

- ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;
- ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;
- ЗК4. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні;
- ЗК5. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;
- ЗК10. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

У результаті вивчення дисципліни здобувач вищої освіти набуває таких спеціальних (фахових) компетентностей:

- СК3. Здатність до системного розв'язання задач розробки, аналізу, розрахунку, моделювання електронних компонентів, пристроїв і систем різного призначення;
- СК4. Здатність використовувати інформаційні, комп'ютерні і мультимедійні технології, методи моделювання, інтелектуалізації, штучного інтелекту, експериментальні методи для дослідження та аналізу процесів в електронних компонентах, пристроях і системах;
- СК7. Здатність до розв'язання задач обробки та відображення інформації в сучасних електронних пристроях і системах;
- СК11. Здатність планувати і здійснювати дослідження з використанням сучасних експериментальних методів та інструментів і методів комп'ютерного моделювання, аналізувати результати досліджень, обґрунтовувати висновки і рекомендації;
- СК13. Здатність розробляти алгоритми та програмне забезпечення для вбудованих рішень на базі сучасних мікропроцесорів, мікроконтролерів, програмованих інтегральних схем.

2.4 Передумови вивчення дисципліни

Раніше мають бути вивчені дисципліни: «Теорія інформації та кодування», «Чисельні методи в електроніці», «Мікропроцесорні пристрої та системи». Також передумови забезпечуються фаховим вступним випробуванням.

3 ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Змістовий модуль 1. Аналіз і представлення звукових сигналів (8 год. лекцій).

Тема 1. Звукові сигнали як об'єкти комп'ютерної обробки:

- фізичні та інформаційні характеристики звукових сигналів;
- дискретизація, квантування, цифрове подання;
- мовні та акустичні сигнали як нестационарні процеси.

Тема 2. Спектральний і часово-частотний аналіз звукових сигналів:

- ДПФ і ШПФ у комп'ютерній обробці;
- віконні перетворення, спектрограми;
- компроміси часової та частотної роздільної здатності.

Тема 3. Статистичний і кепстральний аналіз звукових сигналів:

- статистичні характеристики та їх інтерпретація;
- кепстр, лог-спектральні методи;
- застосування для аналізу мовних і акустичних сигналів.

Тема 4. Алгоритмічні методи синтезу звукових сигналів:

- математичні моделі генерації сигналів;
- адитивний, субтрактивний та параметричний синтез;
- обчислювальні аспекти реалізації синтезу.

Змістовий модуль 2. Алгоритми обробки та реалізація в комп'ютерних системах
(8 год. лк)

Тема 5. Оцінювання параметрів звукових сигналів:

- методи оцінювання частоти основного тону;
- енергетичні та спектральні параметри;
- стійкість оцінок в умовах завад.

Тема 6. Алгоритми динамічної обробки та цифрової фільтрації:

- управління рівнем сигналу, нормалізація;
- цифрові фільтри та параметрична обробка;
- алгоритмічні принципи еквалізування.

Тема 7. Алгоритми обробки на основі затримки сигналу:

- дискретні лінії затримки;
- реверберація та зворотний зв'язок;
- обчислювальні обмеження та оптимізація.

Тема 8. Комп'ютерні системи аналізу та розпізнавання звукових сигналів:

- загальна структура систем аналізу мовлення;
- ознаки, класифікація, оцінювання ефективності;
- місце алгоритмів обробки звуку у вбудованих системах.

4 СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	Денна форма					
	Усього	у тому числі				
лк		пз	лб	конс	ср	
Змістовий модуль 1. Аналіз і представлення звукових сигналів						
Тема 1. Звукові сигнали як об'єкти комп'ютерної обробки.	8	2				6
Тема 2. Спектральний і часово-частотний аналіз звукових сигналів.	12	2	2		1	7
Тема 3. Статистичний і кепстральний аналіз звукових сигналів.	10	2			1	7
Тема 4. Оцінювання параметрів звукових сигналів.	16	2	2	4	1	7
Разом за змістовий модуль 1	46	8	4	4	3	27
Змістовий модуль 2. Алгоритми обробки та реалізація в комп'ютерних системах						
Тема 5. Алгоритмічні методи синтезу звукових сигналів.	9	2				7
Тема 6. Алгоритми динамічної обробки та цифрової фільтрації.	11	2	2		1	6
Тема 7. Алгоритми обробки на основі затримки сигналу.	14	2		4	1	7
Тема 8. Комп'ютерні системи аналізу та розпізнавання звукових сигналів.	10	2			1	7
Разом за змістовий модуль 2	44	8	2	4	3	27
Усього годин	90	16	6	8	6	54

5 ТЕМИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№	Назва теми*	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Обчислення спектрограми звукового сигналу	2	-
2	Оцінка частоти основного тону звукового сигналу	2	-
3	Шумоподавлення методом спектрального віднімання	2	-
	Загальна кількість	6	-

6 ТЕМИ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

№	Назва теми*	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Алгоритми пеленгації звукового джерела	4	-
2	Вимірювання акустичних характеристик приміщення за імпульсною характеристикою	4	-
	Загальна кількість	8	-

7 САМОСТІЙНА РОБОТА

№	Назва теми*	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Огляд стандартів цифрового подання аудіосигналів та форматів їх зберігання (до теми 1)	6	-
2	Порівняльний аналіз альтернативних часово-частотних перетворень, що не використовуються у спектральному аналізі на основі ШПФ (до теми 2)	7	-
3	Аналіз кореляційних і ентропійних характеристик звукових сигналів для задач обробки (до теми 3)	7	-
4	Огляд практичних застосувань кепстральних ознак поза задачами аналізу мовлення (до теми 3)	7	-
5	Огляд фізично-орієнтованих моделей синтезу звуку та сфер їх застосування (до теми 4)	7	-
6	Порівняльний аналіз методів оцінювання частоти основного тону в умовах реального часу (до теми 5)	6	-
7	Аналіз чисельної стійкості алгоритмів реверберації та затримки при обмежених обчислювальних ресурсах (до теми 7)	7	-
8	Огляд сучасних підходів до автоматичного аналізу звукових подій та акустичних сцен (до теми 8)	7	-
	Загальна кількість	54	-

*Перелік тем самостійної роботи охоплює важливі питання, що не будуть детально розглядатися під час лекцій, лабораторних та практичних занять.

8 МЕТОДИ НАВЧАННЯ ТА ЗАСОБИ ОЦІНЮВАННЯ

Вивчення дисципліни здійснюється як традиційними методами із застосуванням інформаційних технологій (наприклад, слайд лекцій), так і з застосуванням дистанційних технологій (відеоконференції, самонавчання за відеоприкладми). Теоретичні знання, що викладаються під час лекцій, використовуються на практичних і лабораторних роботах.

1. Методи організації та здійснення навчально-пізнавальної діяльності: за допомогою слайд-лекцій. В ході навчання пояснення здійснюються на практичних прикладах.

2. Методи стимулювання й мотивації навчально-пізнавальної діяльності студентів у виконанні завдань з практичної реалізації завдань дисципліни.

3. Методи контролю (самоконтролю, корекції (самокорекції), за ефективністю навчально-пізнавальної діяльності студента. Ці методи спрямовані на самостійну, творчу пізнавальну діяльність студентів, особливо при створенні власних проектів.

4. Універсальні методи поєднують самостійну роботу студентів під час практичних занять з інструктуванням, допомогою викладача, у результаті чого студенти набувають навичок самостійності та самостійної роботи поза аудиторного навантаження.

Крім цього студент має у своєму розпорядженні слайд-лекції, відеоприкладми розв'язання завдань з роз'ясненнями – усе це поєднується в наочно-ілюстративно-практичний комплект матеріалів для навчання.

9 МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ТА РЕЙТИНГОВА ОЦІНКА ЗА ДИСЦИПЛІНОЮ

9.1 Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання)

Вид заняття / контрольний захід	Оцінка
Пз № 1, 2	$0,1 \times (60 \dots 100) \times 2 = 12 \dots 20$
Лб № 1	$0,2 \times (60 \dots 100) \times 1 = 12 \dots 20$
Контрольна точка 1	24...40
Пз № 3	$0,1 \times (60 \dots 100) \times 1 = 6 \dots 10$
Лб № 2	$0,2 \times (60 \dots 100) \times 1 = 12 \dots 20$
Контрольна точка 2	18...30
Контрольна робота (Кр)	$0,3 \times (60 \dots 100) = 18 \dots 30$
Всього за семестр	60...100

Формою підсумкового контролю є залік. Оцінку отримує студент, що виконав усі види занять і отримав за кожне оцінку, не менше мінімальної (60 балів), а також склав контрольну роботу.

При цьому виді контролю оцінка в семестрі обчислюється за формулою:

$$O_{\text{сем}} = O_{\text{пз}} + O_{\text{лб}} + O_{\text{кр}}; \quad O_{\text{пз}} = 0,1(\text{Пз}1 + \text{Пз}2 + \text{Пз}3); \quad O_{\text{лб}} = 0,2(\text{Лб}1 + \text{Лб}2), \quad O_{\text{кр}} = 0,3 \text{ Кр},$$

при цьому окремі Пз, Лб і Кр оцінюються по 100-бальній шкалі.

9.2 Якісні критерії оцінювання

Відмінно, А (96–100%).

Студент демонструє глибоке розуміння принципів комп'ютерної та цифрової обробки звукових сигналів. Вільно пояснює теоретичні основи спектрального, часово-частотного та параметричного аналізу, впевнено застосовує алгоритми фільтрації, еквалізації, динамічної та просторової обробки у середовищі MATLAB, Python або інших засобах комп'ютерного моделювання. Практичні завдання виконані без помилок, результати моделювання коректно інтерпретовані, графіки, спектри та часові діаграми оформлені відповідно до вимог. Лабораторні роботи містять глибокий аналіз, обґрунтування вибору параметрів та самостійні висновки. Самостійна робота має дослідницький характер і включає порівняння алгоритмів або аналіз моделей обробки сигналів. Отримані результати повністю відповідають поставленим завданням і мають практичну цінність для інженерних застосувань.

Відмінно, В (90–95%).

Студент добре засвоїв теоретичний матеріал і володіє основними методами комп'ютерної обробки звукових сигналів, допускаючи незначні неточності в поясненні або реалізації окремих алгоритмів. Практичні завдання виконані якісно, але можуть містити окремі неточності у виборі параметрів або інтерпретації результатів. Лабораторні роботи повні та містять аналіз результатів, однак не завжди достатньо глибоко обґрунтовані. Самостійна робота змістовна, проте без розгорнутого дослідницького підходу. Отримані результати загалом коректні та придатні до використання.

Добре, С (75–89%).

Студент володіє базовими знаннями з комп'ютерної обробки звукових сигналів, але має труднощі з поясненням складних алгоритмів або з їх практичною реалізацією. Практичні завдання виконані частково правильно та містять помилки у налаштуванні параметрів або в аналізі результатів. Лабораторні роботи виконані формально, аналіз поверхневий, без чіткого зіставлення теоретичних і практичних результатів. Самостійна робота коротка, але охоплює основні аспекти теми. Отримані результати лише частково відповідають поставленим завданням.

Задовільно, D (66–74%).

Студент має обмежене розуміння основних принципів комп'ютерної обробки звукових сигналів, плутається в термінах та алгоритмах. Практичні завдання виконані, але містять суттєві помилки у виборі параметрів, реалізації алгоритмів або аналізі результатів. Лабораторні роботи неповні або мають серйозні помилки в розрахунках. Самостійна робота поверхнева, аналітичний підхід відсутній. Результати моделювання неточні, висновки недостатньо обґрунтовані.

Задовільно, E (60–65%).

Студент має лише загальні уявлення про комп'ютерну обробку звукових сигналів і не здатний коректно застосовувати знання на практиці. Практичні завдання виконані формально, з грубими помилками у реалізації алгоритмів або обробці результатів. Лабораторні роботи не завершені або містять критичні похибки. Самостійна робота поверхнева та не містить аналізу. Отримані результати не відповідають поставленим цілям, висновки формальні.

Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

Оцінка з дисципліни	Оцінка за шкалою ЄКТС	Оцінка за національною шкалою
	залік	залік
96-100	A	5 (зараховано)
90-95	B	5 (зараховано)
75-89	C	4 (зараховано)
66-74	D	3 (зараховано)
60-65	E	3 (зараховано)
35-59	FX	2 (незараховано)
1-34	F	

10 МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

10.1 Методичне забезпечення

1. Конспект лекцій з курсу «Комп'ютерна обробка звукових сигналів» для студентів спеціальності 171 Електроніка , ОНП Інженерія мікропроцесорних систем – 16 год. / Харків: ХНУРЕ, 2025.

2. Методичні вказівки до практичних занять з курсу «Комп'ютерна обробка звукових сигналів» для студентів спеціальності 171 Електроніка , ОНП Інженерія мікропроцесорних систем – 6 год. / Харків: ХНУРЕ, 2025.

3. Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу «Комп'ютерна обробка звукових сигналів» для студентів спеціальності 171 Електроніка , ОНП Інженерія мікропроцесорних систем – 8 год. / Харків: ХНУРЕ, 2025.

10.2 Література

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. Продеус А.М. Комп'ютерна обробка акустичних сигналів. – Навчальний посібник. — Київ: Київський політехнічний інститут (КПІ) ім. Ігоря Сікорського, 2018. — 237 с.

4. Zolzer U. DAFX: Digital Acoustic Effects. - John Wiley & Sons, 2011. – 614 p.

5. MATLAB Documentation [Електронний ресурс] / MathWorks, Inc. – Режим доступу: <https://www.mathworks.com/help/matlab/index.html> (дата звернення: 31.08.2025).

11 ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

1. Audacity [Електронний ресурс] / Audacity Team. – Вільна версія. – Режим доступу: <https://www.audacityteam.org>

2. MATLAB Online [Електронний ресурс] / MathWorks. – Студентська онлайн-версія. – Режим доступу: <https://www.mathworks.com/products/matlab-online.html>