

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МІЖНАРОДНИЙ ГУМАНІТАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра комп'ютерних наук

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Ректор Міжнародного гуманітарного

університету д.ю.н., професор

Костянтин ГРОМОВЕНКО



серпень 2025 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Цифрова обробка сигналів

Галузь знань 17 «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації»

Спеціальність 172 «Електронні комунікації та радіотехніка»

Назва освітньої програми Комп'ютерні мережі та Інтернет

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський) рівень

Одеса - 2025 рік

Робоча програма затверджена на засіданні комп'ютерних наук
протокол № 1 від 28 серпня 2025 року.

Розробники і викладачі	Контактний тел.	E-mail
доцент кафедри комп'ютерних наук, кандидат технічних наук Розенвассер Денис Михайлович	+38067-485-21-09	denysrozenvasser@gmail.com

Завідувач кафедри комп'ютерних наук  Ірина СОЛОВСЬКА

Гарант освітньої програми
к.т.н., доцент  Денис РОЗЕНВАССЕР

Узгоджено
Начальник навчального відділу  Лілія САЄНКО

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна / заочна форма навчання	
Кількість кредитів – 5 Загальна кількість годин – 150	Галузь – 17 «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації»	обов'язкова	
		Рік підготовки:	
	Спеціальність – 172 «Електронні комунікації та радіотехніка»	2	3
		Семестр	
		4	5
		Лекції	
Мова навчання – українська	Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський) рівень	26 год.	10 год.
		Практичні, семінарські	
		40 год.	10 год.
		Лабораторні	
		-	-
		Самостійна робота та індивідуальні завдання	
		84 год.	130 год.
		Вид контролю:	
		екзамен	

Вивчення дисципліни дозволяє сформувати у здобувачів компетенції, необхідні для розв'язання практичних задач професійної діяльності, пов'язаної з розробкою, вдосконаленням та експлуатацією засобів цифрової обробки сигналів, зображень, аудіо та відео.

Мета викладання дисципліни – підготовка висококваліфікованих фахівців, які володіють методами побудови та експлуатації засобів цифрової обробки сигналів, вміють на основі отриманих теоретичних результатів виконувати як моделювання, так і розробку таких засобів. Предметом дисципліни є теорія та практика застосування засобів цифрової обробки сигналів.

ПРЕРЕКВІЗИТИ: знання і вміння, отримані здобувачем при вивченні навчальних дисциплін бакалаврської підготовки. Теоретичною базою дисципліни «Цифрова обробка сигналів» є такі дисципліни як «Вступ до фаху», «Фізика», «Вища математика», «Теорія ймовірності та математична статистика».

ПОСТРЕКВІЗИТИ: принципи і методи дисципліни «Цифрова обробка сигналів» є теоретичною основою комп'ютерних технологій і розвиваються у наступних дисциплінах професійної підготовки.

У рамках опанування дисципліни «Цифрова обробка сигналів» допускається можливість зарахування сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою (за попереднім узгодженням з викладачем).

2. ОЧІКУВАНІ КОМПЕТЕНТНОСТІ, ЯКІ ПЛАНУЄТЬСЯ СФОРМУВАТИ ТА ДОСЯГНЕННЯ ПРОГРАМНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

У процесі реалізації програми дисципліни «Цифрова обробка сигналів» формуються наступні компетентності із передбачених освітньо-професійною програмою «Комп'ютерні мережі та Інтернет» зі спеціальності 172 Електронні комунікації та радіотехніка.

Інтегральна компетентність (ІК)	
ІК-1	Здатність розв'язувати спеціалізовані задачі та практичні проблеми у галузі телекомунікацій та радіотехніки, що характеризуються комплексністю та невизначеністю умов.
Загальні компетентності (ЗК)	
ЗК-1	Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
ЗК-8	Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми
Фахові компетентності (ФК)	
ПК-3	Здатність використовувати базові методи, способи та засоби отримання, передавання, обробки та зберігання інформації.
ПК-4	Здатність здійснювати комп'ютерне моделювання пристроїв, систем і процесів з використанням універсальних пакетів прикладних програм.
ПК-5	Здатність використовувати нормативну та правову документацію, що стосується інформаційно-телекомунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем (закони України, технічні регламенти, міжнародні та національні стандарти, рекомендації Міжнародного союзу електрозв'язку і т.п.) для вирішення професійних завдань.
ПК-8	Готовність сприяти впровадженню перспективних технологій і стандартів.
ПК-15	Здатність проводити розрахунки у процесі проектування споруд і засобів інформаційно-телекомунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем, відповідно до технічного завдання з використанням як стандартних, так і самостійно створених методів, прийомів і програмних засобів автоматизації проектування.
Програмні результати навчання (ПРН)	
ПРН-1	Знання теорій та методів фундаментальних та загальноінженерних наук в об'ємі необхідному для розв'язання спеціалізованих задач та практичних проблем у галузі професійної діяльності.
ПРН-3	Вміння застосовувати знання в галузі інформатики й сучасних інформаційних технологій, обчислювальної і мікропроцесорної техніки та програмування, програмних засобів для розв'язання спеціалізованих задач та практичних проблем у галузі професійної діяльності.
ПРН-5	Вміння проводити розрахунки елементів телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних та телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення, згідно технічного завдання у відповідності до міжнародних стандартів, з використанням засобів автоматизації проектування, в т.ч. створених самостійно.
ПРН-6	Вміння проектувати, в т.ч. схемотехнічно нові (модернізувати існуючі) елементи (модулі, блоки, вузли) телекомунікаційних та радіотехнічних систем, систем телевізійного й радіомовлення тощо.
ПРН-7	Здатність брати участь у проектуванні нових (модернізації існуючих) телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних, телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення тощо.

ПРН-8	Вміння застосовувати сучасні досягнення у галузі професійної діяльності з метою побудови перспективних телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних, телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення тощо.
-------	---

3. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Лекція 1. Вступ до цифрової обробки сигналів та зображень.

Вступна частина. Поняття сигналу та зображення. Поняття цифрової обробки сигналу. Растрове і векторне представлення зображень. Типові задачі цифрової обробки сигналів.

Лекція 2. Форми подання та класифікація сигналів.

Випадкові та детерміновані сигнали. Аналогові та цифрові сигнали. Квантування та дискретизація аналогового сигналу. Одновимірні та багатовимірні сигнали. Загальна класифікація сигналів.

Лекція 3. Математичне представлення сигналів та зображень.

Моделі тестових сигналів. Основні характеристики, математичний опис та властивості тестових сигналів. Функція Хевісайда та її застосування при обробці сигналів. Функція Дірака та її властивості.

Лекція 4. Узагальнені схеми цифрових систем.

Структурні схеми типових модулів аналогово-цифрового та цифро-аналогового перетворювачів, їх основні компоненти та принцип роботи. Будова, призначення та принцип роботи мультиплексора.

Лекція 5. Аналого-цифрове перетворення сигналів.

Основа принципу часової дискретизації сигналу. Критерії якості наближення сигналу. Види часової дискретизації сигналу. Поняття стиснення даних. Вибір кроку рівномірної часової дискретизації. Теорема Котельникова. Основні характеристики аналогово-цифрових перетворювачів.

Лекція 6. Цифро-аналогове перетворення сигналів.

Відновлення неперервних сигналів. Екстраполяція даних. Поняття та види екстраполяторів. Імпульсна характеристика і передавальна функція екстраполятора. Аналогова модель екстраполятора. Похибки відновлення аналогової форми сигналу.

Лекція 7. Підходи до спектрального аналізу сигналів методом Фур'є.

Розклад функції в ряд Фур'є. Поняття та визначення дійсних коефіцієнтів Фур'є. Теорема Найквіста. Особливості розкладу функції в комплексний ряд Фур'є. Поняття та визначення комплексних коефіцієнтів Фур'є. Визначення спектру амплітуд, спектру фаз та спектру потужності сигналу. Теорема Парсеваля. Основні властивості розкладання сигналу в ряд Фур'є.

Лекція 8. Використання дискретного та швидкого перетворення Фур'є для спектрального аналізу сигналів.

Технологія застосування методу Фур'є для аналізу цифрових сигналів. Поняття про дискретне перетворення Фур'є. Основні властивості дискретного перетворення Фур'є. Періодичність та симетричність спектру. Необхідність застосування та суть алгоритму швидкого перетворення Фур'є. Фільтрація сигналів за допомогою дискретного перетворення Фур'є.

Лекція 9. Застосування вейвлет-перетворень для обробки сигналів.

Недоліки спектрального аналізу цифрових сигналів методом Фур'є. Поняття прямого та оберненого вейвлет-перетворення. Основні ознаки вейвлету. Приклади материнських вейвлетів. Неперервне вейвлет-перетворення. Властивості вейвлет-аналізу.

Лекція 10. Перетворення Гільберта у цифровій обробці сигналів.

Математичний опис та властивості дискретного перетворення Гільберта. Приклади використання. Швидкі алгоритми обчислення. Перетворювач Гільберта для формування комплексного аналітичного сигналу. Смугова дискретизація сигналів.

Лекція 11. Види та методи модуляції сигналів.

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин									
	Денна форма					Заочна форма				
	Усього	у тому числі				Усього	у тому числі			
		Лекц.	Прак.	Лаб.	Сам. роб.		Лекц.	Прак.	Лаб.	Сам. роб.
Тема 1. Класифікація та основи цифрового представлення сигналів.	30	6	10	0	14	30	2	2	0	26
Тема 2. Інтегральні перетворення сигналів.	40	6	10	0	24	40	2	2	0	36
Тема 3. Модуляція сигналів.	40	6	10	0	24	40	2	2	0	36
Тема 4. Цифрова фільтрація та обробка сигналів і зображень.	40	8	10	0	22	40	4	4	0	32
Всього	150	26	40	0	84	150	10	10	0	130
Підсумковий контроль □ екзамен										

5. ПИТАННЯ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
1	Тема 1. Класифікація та основи цифрового представлення сигналів. - Згенеруйте та візуалізуйте детермінований сигнал (синусоїда, прямокутний імпульс, трикутний, функцію Хевісайда та δ-функцію Дірака) у MATLAB/Python. - Виконайте часову дискретизацію аналогового сигналу $\sin(2\pi \cdot 1000 \cdot t)$ з різними частотами дискретизації (вище, нижче та рівно теоремі Котельникова). Побудуйте графіки та поясніть аліасинг. - Моделюйте квантування сигналу з різною кількістю рівнів (4, 8, 16 біт). Обчисліть та порівняйте шум квантування (SNR). - Побудуйте структурну схему АЦП та ЦАП, змоделюйте процес дискретизації + квантування + відновлення з ідеальним та реальним екстраполятором (нульового порядку). - Порівняйте растрове та векторне представлення зображення: завантажте зображення, перетворіть у градації сірого та бінарне. - Обчисліть основні характеристики сигналу (середнє, дисперсію, потужність) для заданого тестового сигналу. - Дослідіть вплив кроку дискретизації на відновлення сигналу за допомогою sinc-інтерполяції.	10	2
2	Тема 2. Інтегральні перетворення сигналів. - Обчисліть ДПФ та ШПФ для послідовності з 1024 точок (синусоїда + шум). Побудуйте амплітудний та фазовий спектр. - Порівняйте спектри періодичного та аперіодичного сигналу за допомогою ДПФ (вплив вікна). Застосуйте різні вікна (Хеммінга, Ханна). - Виконайте фільтрацію сигналу в частотній області за допомогою ДПФ: видаліть високочастотні/низькочастотні компоненти. - Реалізуйте неперервне та дискретне вейвлет-перетворення для сигналу з локальними особливостями (стрибок + шум). Побудуйте вейвлет-коефіцієнти. - Обчисліть дискретне перетворення Гільберта для формування аналітичного сигналу. Визначте миттєву амплітуду, фазу та частоту. - Порівняйте спектральний аналіз за Фур'є та вейвлет для нестационарного сигналу. - Застосуйте ШПФ для швидкого обчислення згортки двох послідовностей.	10	2
3	Тема 3. Модуляція сигналів. - Реалізуйте цифрову модуляцію: ASK, FSK, PSK, QPSK. Згенеруйте модульований сигнал та демодулюйте його когерентним методом. - Дослідіть демодуляцію АМ-сигналу за допомогою однапівперіодного детектора та синхронного детектора. Порівняйте спотворення. - Змоделюйте багатотональну АМ-модуляцію та проаналізуйте спектр (бічні смуги). - Обчисліть коефіцієнт модуляції та ККД для різних видів модуляції.	10	2

	5. Порівняйте завадостійкість BPSK та QPSK у присутності адитивного білого гауссового шуму (АБГШ).		
4	Тема 4. Цифрова фільтрація та обробка сигналів і зображень. 1. Реалізуйте FIR-фільтр (згладжуючий, диференціальний) за допомогою conv або filter. Порівняйте з IIR-фільтром (наприклад, Баттерворта). 2. Застосуйте медіанний фільтр та фільтр математичної морфології для видалення імпульсного шуму на зображенні. 3. Обчисліть автокореляційну та взаємно-кореляційну функцію сигналів. Визначте затримку між двома сигналами. 4. Виконайте обробку кольорового зображення: перетворення RGB → HSV, згладжування, підвищення різкості, псевдокольори. 5. Реалізуйте децимацію та інтерполяцію сигналу з анти-аліасинг фільтром (low-pass перед децимацією). 6. Порівняйте лінійну (середнє) та нелінійну (медіанна) фільтрацію для зображення з гауссовим та сіллю-перцем шумом.	10	4
	Всього	40	10

6. САМОСТІЙНА РОБОТА

До самостійної роботи здобувачів щодо вивчення дисципліни «Цифрова обробка сигналів» включаються наступні тематики завдання.

Тематика та питання до самостійної підготовки та індивідуальних завдань

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
1	Тема 1. Класифікація та основи цифрового представлення сигналів. Вступ до цифрової обробки сигналів та зображень. Узагальнені схеми цифрових систем. Аналого-цифрове перетворення сигналів. Цифро-аналогове перетворення сигналів.	14	26
2	Тема 2. Інтегральні перетворення сигналів. Підходи до спектрального аналізу сигналів методом Фур'є. Використання дискретного та швидкого перетворення Фур'є для спектрального аналізу сигналів. Застосування вейвлет-перетворень для обробки сигналів. Перетворення Гільберта у цифровій обробці сигналів.	24	36
3	Тема 3. Модуляція сигналів. Види та методи модуляції сигналів. Демодуляція сигналів.	24	36
4	Тема 4. Цифрова фільтрація та обробка сигналів і зображень. Лінійна та нелінійна цифрова фільтрація. Кореляційний аналіз сигналів та зображень. Цифрова обробка кольорових зображень. Алгоритми передискретизації сигналів.	22	32
	Всього	84	130

7. ВИДИ ТА МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Робоча програма навчальної дисципліни передбачає наступні види та методи

контролю:

Види контролю	Складові оцінювання
поточний контроль , який здійснюється у ході: проведення практичних занять, виконання варіантів завдань, проведення консультацій та відпрацювань, підсумковий контроль.	50%
підсумковий контроль , який здійснюється у ході проведення іспиту.	50%

Методи діагностики знань (контролю)	фронтальне опитування, індивідуальне опитування, робота у групах, розв'язання задач і практичних завдань, екзамен
--	---

Питання до екзамену

1. Поняття сигналу та зображення. Поняття цифрової обробки сигналу.
2. Растрове і векторне представлення зображень.
3. Випадкові та детерміновані сигнали. Аналогові та цифрові сигнали.
4. Квантування та дискретизація аналогового сигналу. Одновимірні та багатовимірні сигнали. Загальна класифікація сигналів.
5. Моделі тестових сигналів. Основні характеристики, математичний опис та властивості тестових сигналів.
6. Функція Хевісайда та її застосування при обробці сигналів. Функція Дірака та її властивості.
7. Структурні схеми типових модулів аналогово-цифрового та цифро-аналогового перетворювачів, їх основні компоненти та принцип роботи.
8. Основа принципу часової дискретизації сигналу. Критерії якості наближення сигналу. Види часової дискретизації сигналу.
9. Поняття стиснення даних. Вибір кроку рівномірної часової дискретизації. Теорема Котельникова. Основні характеристики аналогового-цифрових перетворювачів.
10. Відновлення неперервних сигналів. Екстраполяція даних. Поняття та види екстраполяторів.
11. Імпульсна характеристика і передавальна функція екстраполятора. Аналогова модель екстраполятора.
12. Розклад функції в ряд Фур'є. Поняття та визначення дійсних коефіцієнтів Фур'є. Теорема Найквіста. Особливості розкладу функції в комплексний ряд Фур'є. Поняття та визначення комплексних коефіцієнтів Фур'є.
13. Визначення спектру амплітуд, спектру фаз та спектру потужності сигналу.
14. Теорема Парсеваля. Основні властивості розкладання сигналу в ряд Фур'є.
15. Технологія застосування методу Фур'є для аналізу цифрових сигналів.
16. Поняття про дискретне перетворення Фур'є. Основні властивості дискретного перетворення Фур'є. Періодичність та симетричність спектру.

17. Фільтрація сигналів за допомогою дискретного перетворення Фур'є.
18. Недоліки спектрального аналізу цифрових сигналів методом Фур'є. Поняття прямого та оберненого вейвлет-перетворення. Основні ознаки вейвлету. Приклади материнських вейвлетів.
19. Неперервне вейвлет-перетворення. Властивості вейвлет-аналізу.
20. Математичний опис та властивості дискретного перетворення Гільберта. Приклади використання.
21. Швидкі алгоритми обчислення. Перетворювач Гільберта для формування комплексного аналітичного сигналу. Смогова дискретизація сигналів.
22. Поняття та призначення модуляції сигналів. Види модуляції та їх реалізація.
23. Модуляція аналогових сигналів. Однотональна та багатотональна амплітудна модуляція.
24. Цифрова модуляція сигналів.
25. Методи демодуляції амплітудно-модульованого сигналу. Коефіцієнт корисної дії різних методів демодуляції. Амплітудний детектор з синхронною демодуляцією.
26. Поняття лінійної простово-інваріантної системи. Глобальна та локальна лінійна фільтрація.
27. Згладжуючі фільтри. Фільтри піксельних границь. Диференціальні оператори визначення границь на зображенні.
28. Вимірювання степені подібності функцій. Поняття коефіцієнту кореляції. Поняття, визначення та властивості функції взаємної кореляції.
29. Поняття, визначення та властивості функції автокореляції. Теорема Вінера - Хінчина. Поняття спектральної щільності потужності сигналу.
30. Теорема згортки. Властивості операції згортки. Дискретна згортка.
31. Колірні моделі зображень. Псевдокольори. Основи обробки кольорових зображень. Колірні перетворення. Згладжування і підвищення різкості. Стиснення кольорових зображень.
32. Поняття децимації та інтерполяції сигналів і зображень. Децимація з цілим кроком. Вплив передискретизації на якість цифрового сигналу.

8. ОЦІНЮВАННЯ ПОТОЧНОЇ, САМОСТІЙНОЇ ТА ІНДИВІДУАЛЬНОЇ РОБОТИ ЗДОБУВАЧІВ З ПІДСУМКОВИМ КОНТРОЛЕМ У ФОРМІ ЕКЗАМЕНУ

Денна форма навчання/Заочна форма навчання			
Поточний контроль			
Види роботи	Планові терміни виконання	Форми контролю та звітності	Максимальний відсоток оцінювання
Систематичність і активність роботи на практичних заняттях			
1.1. Підготовка до практичних занять	Відповідно до робочої програми та розкладу занять	Перевірка обсягу та якості засвоєного матеріалу під час практичних занять	30
Виконання завдань для самостійного опрацювання			

1.2. Індивідуальне тестування, завдання, підготовка реферату (есе) за заданою тематикою	Відповідно до робочої програми та розкладу занять	Розгляд відповідного матеріалу під час аудиторних занять або ІКР, перевірка конспектів навчальних текстів тощо	10
Виконання індивідуальних завдань, дослідна робота здобувача			
1.3. Інші види індивідуальних завдань, в т.ч. підготовка наукових публікацій, участь у роботі круглих столів, конференцій тощо.	Відповідно до робочої програми та розкладу занять	Обговорення результатів проведеної роботи під час аудиторних занять, наукових конференцій та круглих столів.	10
Разом балів за поточний контроль			50
Підсумковий контроль екзамен			50
Загальний результат оцінювання			100

Поточний контроль знань здобувачів при підсумковому контролі у формі екзамену (максимум 50 балів) оцінюється за шкалою («2», «3», «4», «5»), з обов'язковим переведенням балів за кожний вид роботи таким чином:

- за підготовку до аудиторних занять (максимум 30 балів) здобувачу освіти необхідно мати не менше 1/2 оцінок від загальної кількості практичних (лабораторних) занять, для переведення балів за підготовку до аудиторних занять середньоарифметична оцінка множиться на коефіцієнт 6;
- за виконання завдань для самостійного опрацювання (тестування, завдання, підготовка реферату за заданою тематикою) (максимум 10 балів) здобувачу освіти необхідно мати не менше 1/2 оцінок від загальної кількості програмного матеріалу, що виноситься на самостійне вивчення, для переведення зазначених балів середньоарифметична оцінка множиться на коефіцієнт 2;
- за інші види індивідуальних завдань, в т.ч. підготовку наукових публікацій, участь у роботі круглих столів, конференцій тощо (максимум 10 балів) здобувачу освіти необхідно мати не менше 1/2 оцінок від загальної кількості інших видів індивідуальних завдань, для переведення балів за підготовку до аудиторних занять середньоарифметична оцінка множиться на коефіцієнт 2.

Критерії оцінювання поточного контролю

- «2» – виставляється за неправильну відповідь (письмову роботу), яка не відповідає змісту теми та свідчить про нерозуміння її основних положень;
- «3» – виставляється за відповідь (письмову роботу), яка відповідає змісту теми, але є неповною і неточною у визначенні понять, свідчить про неповне розуміння основних положень навчального матеріалу, свідчить про те, що знання здобувача мають фрагментарний, поверховий характер;
- «4» – оцінюється правильна і обґрунтована відповідь (письмова робота), з якої видно, що здобувач знає й розуміє теоретичний матеріал в обсязі навчальної теми, володіє необхідними навичками, не допускає суттєвих помилок.
- «5» – оцінюється повна, правильна, ґрунтовна відповідь (письмова робота) на запитання теми, що передбачає логічність і послідовність викладу матеріалу, володіння термінологією, показує вміння повно й глибоко використовувати теоретичні знання в практичній площині.

Критерії оцінювання підсумкового контролю у формі екзамену

Максимальна оцінка підсумкового контролю у формі екзамену не може перевищувати 50 балів. При цьому рівень знань оцінюється:

– **від 40 до 50 балів** – здобувач виявляє особливі творчі здібності, вміє самостійно знаходити та опрацьовувати необхідну інформацію, демонструє знання матеріалу, проводить узагальнення і висновки;

– **від 30 до 40 балів** – здобувач володіє знаннями матеріалу, але допускає незначні помилки у формуванні термінів, категорій, проте за допомогою викладача швидко орієнтується і знаходить правильні відповіді;

– **від 20 до 30 балів** – здобувач відтворює значну частину теоретичного матеріалу, виявляє знання і розуміння основних положень, з допомогою викладача може аналізувати навчальний матеріал, але дає недостатньо обґрунтовані, невичерпні відповіді, допускає помилки.

– **від 10 до 20 балів** – здобувач володіє навчальним матеріалом на середньому рівні, допускає помилки, серед яких є значна кількість суттєвих;

– **від 0 до 10 балів** – здобувач володіє навчальним матеріалом на рівні, вищому за початковий, значну частину його відтворює на репродуктивному рівні, на всі запитання дає необґрунтовані, невичерпні відповіді, допускає помилки.

9. ОЦІНЮВАННЯ ЗАГАЛЬНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ЗНАНЬ ЗДОБУВАЧІВ

Загальні результати знань здобувачів по даній дисципліні оцінюються наступним чином:

– **«Відмінно»/«зараховано» (A)** – від 90 до 100 балів. Здобувач виявляє особливі творчі здібності, вміє самостійно знаходити та опрацьовувати необхідну інформацію, демонструє знання матеріалу, проводить узагальнення і висновки. Був присутній на лекціях та семінарських заняттях, під час яких давав вичерпні, обґрунтовані, теоретично і практично правильні відповіді, має конспект з виконаними завданнями до самостійної роботи, презентував реферат за заданою тематикою, проявляє активність і творчість у науково-дослідній роботі;

– **«Добре»/«зараховано» (B)** – від 82 до 89 балів. Здобувач володіє знаннями матеріалу, але допускає незначні помилки у формуванні термінів, категорій, проте за допомогою викладача швидко орієнтується і знаходить правильні відповіді. Був присутній на лекціях та семінарських заняттях, має конспект з виконаними завданнями до самостійної роботи, презентував реферат за заданою тематикою, проявляє активність і творчість у науково-дослідній роботі;

– **«Добре»/«зараховано» (C)** – від 74 до 81 балів. Здобувач відтворює значну частину теоретичного матеріалу, виявляє знання і розуміння основних положень, з допомогою викладача може аналізувати навчальний матеріал, але дає недостатньо обґрунтовані, невичерпні відповіді, допускає помилки. При цьому враховується наявність конспекту з виконаними завданнями до самостійної роботи, реферату та активність у науково-дослідній роботі;

– **«Задовільно»/«зараховано» (D)** – від 64 до 73 балів. Здобувач був присутній не на всіх лекціях та семінарських заняттях, володіє навчальним матеріалом на середньому рівні, допускає помилки, серед яких є значна кількість суттєвих. При цьому враховується наявність конспекту з виконаними завданнями до самостійної роботи та рефератів;

– **«Задовільно»/«зараховано» (E)** – від 60 до 63 балів. Здобувач був присутній не на всіх лекціях та семінарських заняттях, володіє навчальним матеріалом на рівні, вищому за початковий, значну частину його відтворює на репродуктивному рівні, на всі запитання дає необґрунтовані, невичерпні відповіді, допускає помилки, має неповний конспект з завданнями до самостійної роботи.

– «Незадовільно з можливістю повторного складання»/«не зараховано» (FX) – від 35 до 59 балів. Здобувач володіє матеріалом на рівні окремих фрагментів, що становлять незначну частину навчального матеріалу.

– «Незадовільно з обов’язковим повторним вивченням дисципліни»/«не зараховано» (F) – від 1 до 34 балів. Здобувач не володіє навчальним матеріалом.

Таблиця відповідності результатів контролю знань за різними шкалами

100-бальною шкалою	Шкала за ECTS	За національною шкалою	
		іспит	залік
90-100	A	Відмінно	зараховано
82-89	B	Добре	
74-81	C		
64-73	D	Задовільно	
60-63	E		
35-59	FX	незадовільно	не зараховано
1-34	F		

10. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Рибальченко М.О., Єгоров О.П., Зворикін В.Б. Цифрова обробка сигналів: навчальний посібник. Дніпро: НМетАУ. 2018. 79 с.

2. Наконечний А.Й., Стахів Р.І., Наконечний Р.А. Обробка сигналів : навч. посіб. Нац. ун-т «Львівська політехніка». Львів : Растр-7. 2017. 217 с.

3. Наконечний А.Й., Наконечний Р.А., Павлиш В.А. Цифрова обробка сигналів : навч. посіб. Львів : Львівська політехніка, 2010. 368 с.

4. Основи та методи цифрової обробки сигналів: від теорії до практики: навч. посібник / уклад. : Ю.О. Ушенко, М.С. Гавриляк, М.В. Талах, В.В. Дворжак. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т ім. Ю. Федьковича, 2021. 308 с.

5. Бортник Г.Г., Кичак В.М. Цифрова обробка сигналів в телекомунікаційних системах : підручник. Вінниця : ВНТУ, 2014. 232 с.

6. Тотосько О.В., Стухляк П.Д. Цифрова обробка сигналів та зображень : навчальний посібник. Тернопіль: ТНТУ, 2016. 132с

7. Горбатий І. В. Методи формування й оброблення сигналів у телекомунікаційних системах. Львів: Львівська політехніка, 2019. 336 с.

8. Основи цифрової обробки сигналів: навчальний посібник / І.І. Самборський, С.М. Шолохов, О.В. Юрченко, Б.А. Ніколаєнко – Київ: ІСЗІ КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 171 с.

9. Розенвассер Д.М., Русу О.П. Цифрова обробка сигналів: навчально-методичні рекомендації для самостійної роботи здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) за спеціальністю 172 «Електронні комунікації та радіотехніка», денної та заочної форми навчання [Електронне видання]. / Розенвассер Д.М., Соловська І.М. Кафедри комп’ютерних наук Міжнародного гуманітарного університету. Одеса, 2025. – 16 с.

Допоміжна

1. Ваврук Є., Лашко О., Попович Р. Алгоритми та засоби обробки сигналів : навч. посібн.

Львів : СПОЛІОМ, 2021. 240 с

2. Emmanuel C. Ifeachor, Barry W. Jervis. Digital Signal Processing: A Practical Approach», 2nd Edition, 2001. ISBN 0-201-59619-9.

3. Byung-Gyu Kim. Digital Signal, Image and Video Processing for Emerging Multimedia Technology. 2021. ISBN 978-3-03943-857-0.