

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ



Декан факультету інформаційних технологій
Тетяна ГОВОРУЩЕНКО
«_____» _____ 2024 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Цифровий зв'язок

Галузь знань – 17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації

Спеціальність – 172 Електронні комунікації та радіотехніка

Рівень вищої освіти – Перший (бакалаврський)

Освітньо-професійна програма – Електронні інформаційно-комунікаційні системи та мережі

Обсяг дисципліни – 8 кредитів ЄКТС **Шифр дисципліни** – ВД8435

Мова навчання – українська

Статус дисципліни: вибіркова (вибіркові компоненти освітньої програми)

Факультет – Інформаційних технологій

Кафедра – Телекомунікацій, медійних та інтелектуальних технологій

Форма навчання	Курс	Семестр	Загальний обсяг дисципліни		Кількість годин					Курсовий проєкт	Курсова робота	Форма семестрового контролю	
			Кредити ЄКТС	Години	Аудиторні заняття				Самостійна робота, в т.ч. ІРС			Залік	Іспит
					Разом	Лекції	Лабораторні роботи	Практичні заняття					
Д	2	3	8	240	85	34	34	17	155	-	-	+	-
Разом ДФН			8	240	85	34	34	17	155	-	-	1	-

Робоча програма складена на основі освітньо-професійної програми зі спеціальності 172 Електронні комунікації та радіотехніка

Програму складено

Олег ПИВОВАР

Схвалено на засіданні кафедри телекомунікацій, медійних та інтелектуальних технологій

Протокол №1 від 27 серпня 2024 року

Завідувач кафедри ТМІТ

Сергій ПІДЧЕНКО

Робоча програма розглянута та схвалена Вченою радою факультету інформаційних технологій

Голова Вченої ради

Тетяна ГОВОРУЩЕНКО

ЦИФРОВИЙ ЗВ'ЯЗОК

Тип дисципліни	Вибіркова (цикл професійної підготовки)
Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Мова викладання	Українська
Семестр	3
Кількість встановлених кредитів ЄКТС	8,0
Форми здобуття освіти	Денна

Результати навчання Студент, який успішно завершив вивчення дисципліни, повинен: *використовувати* понятійний апарат основ теорії цифрового зв'язку, математичні методи та способи обробки цифрових даних; практично *реалізувати* відповідні математичні абстракції; *застосовувати* методи математичного моделювання як детермінованих, так і випадкових сигналів, алгоритмів прийому цифрових сигналів на тлі завад та спотворень.

Зміст навчальної дисципліни. Цифрові сигнали, параметри, спектри та властивості. Функціональна схема типової системи цифрового зв'язку. Основні функціональні перетворення сигналів в цифровому зв'язку. Амплітудно-імпульсна модуляція, імпульсно-кодова модуляція, диференційна імпульсно-кодова модуляція, дельта-модуляція, цифрова модуляція. Компріси під час використанні цифрової модуляції. Розділення функцій аналогової та цифрової фільтрації. Оптимальна фільтрація сигналів із цифровою модуляцією із мінімальним частотним зсувом та з частковим відгуком. Аналіз можливих помилок під час цифрової модуляції. Вузькосмугова цифрова модуляція. Широкозмугова цифрова модуляція. Формування групового цифрового сигналу на основі ущільнення та множинного доступу. Цифрові методи розширення спектру. Фур'є-аналіз цифрових сигналів. Статистична теорія виявлення цифрових сигналів та тлі флуктуаційних завад. Перетворення Лапласа та z-перетворення. Основи цифрової фільтрації. Метод простору станів для аналізу і синтезу цифрових систем зв'язку. Застосування фільтрів Калмана для цифрових сигналів. Лінійний еквалайзер. Лінійне вирівнювання зі зворотним зв'язком за рішенням. Адаптивний нелінійний еквалайзер. Рекурентний цифровий еквалайзер. Алгоритми вирівнювання на основі методу найменших квадратів. Вирівнювання на основі фільтрів Калмана. Вирівнювання на основі максимальної правдоподібності. Спільне оцінювання властивостей каналу та результатів прийому цифрових даних. Метод стохастичного градієнтного вирівнювання.

Запланована навчальна діяльність: лекції – 34 год., лабораторні заняття – 34 год., практичні заняття 17 год., самостійна робота – 155 год., разом – 240 год.

Форми (методи) навчання: лекції (з використанням методів проблемного навчання і візуалізації); лабораторні заняття (з використанням методів комп'ютерного моделювання), практичні заняття (із використанням засобів математичного моделювання та комп'ютерної обробки даних, практикумів), самостійна робота (індивідуальні завдання).

Форми оцінювання результатів навчання: захист лабораторних робіт; портфоліо лабораторних робіт; портфоліо завдань для практичної роботи, презентація результатів виконання індивідуальних завдань; письмове опитування (тестування).

Вид семестрового контролю: залік – 3 семестр.

Навчальні ресурси:

1. Сенько В.І. Електроніка і мікросхемотехніка: У 4-х т. Том 3. Цифрові пристрої/ В.І.Сенько - - Київ : Каравелла, 2023.- 400с

2. Теорія цифрових систем [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студ. спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології», освітньої програми «Інформаційне забезпечення робототехнічних систем» / І. Р. Пархомей, В. П. Пасько, О. М. Польшаківа, О. А. Стенін ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 2.851 Кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 133 с.

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

4. Модульне середовище для навчання. Доступ до ресурсу: <https://msn.khnu.km.ua>.

Викладач: к.т.н, доц. Олег ПИВОВАР

1. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Дисципліна «Цифровий зв'язок» є однією із важливих фахових вибіркових дисциплін підготовки бакалавра за спеціальністю 172 «Електронні комунікації та радіотехніка»(ЕКР) на основі ОПП «Електронні інформаційно-комунікаційні системи та мережі».

Мета дисципліни. Формування особистості фахівця, здатного вирішувати типові та складні завдання цифрового зв'язку у тому числі із застосуванням інформаційно-комп'ютерних технологій.

Предмет дисципліни. Теоретичні основи взаємодії цифрових сигналів із середовищами поширення та завадами для забезпечення комплексного покращення тактико-технічних характеристик пристроїв цифрового зв'язку.

Завдання дисципліни. Формування у студентів необхідних теоретичних знань та практичних компетенцій, що необхідні для участі під час аналізу, синтезу та оптимізації параметрів та характеристик цифрових сигналів та каналів за різними критеріями, вивчення методів забезпечення оптимізації цифрових ліній із урахуванням умов поширення сигналів, та під час впливу завад різних типів.

Результати навчання. Студент, який успішно завершив вивчення дисципліни, повинен: вміло використовувати понятійний апарат теорії цифрового зв'язку, теорію та математичні методи обробки цифрових даних; практично реалізувати відповідні математичні абстракції цифрової обробки сигналів; застосовувати методи математичного та комп'ютерного моделювання випадкових і детермінованих сигналів, а також алгоритмів прийому цифрових сигналів на тлі завад та спотворень різноманітних типів.

2. СТРУКТУРА І ЗМІСТ РОБОЧОЇ ПРОГРАМИ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

2.1 Тематична погодинна структура дисципліни

Назва розділу (теми)	Кількість годин, відведених на:			
	Денна форма			
	Лекції	Лабораторні роботи	Практичні роботи	Самостійна робота студентів
Тема 1. Моделі цифрових сигналів та каналів зв'язку	6	6	3	24
Тема 2. Цифрова модуляція та демодуляція	8	12	6	36
Тема 3. Цифрове ущільнення та множинний доступ	10	8	4	45
Тема 4. Завадостійкість цифрової передачі даних	10	8	4	50
Разом за семестр:	34	34	17	155

2.2 ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

2.2.1. Зміст лекційного курсу*

Но мер лекції	Перелік тем лекцій та їх анотації	Кількість годин
1	Цифрові сигнали, їх форма, параметри, характеристики і спектри. Спектр поодинокого імпульсу та послідовності імпульсів. Зв'язок між часовими та частотними характеристиками цифрових сигналів. Літ.: [1] с.30,42, 71-74; [2] с.9-15, [3] с. 21-35	2
2	Функціональні перетворення цифрових сигналів в цифровому каналі зв'язку. Порівняльний аналіз цифрових та аналогових каналів зв'язку. Зони «цифровізації» в межах функціональної структури цифрового каналу. Літ.: [1] с.32-39; [2] с.21-30; [3] с. 35-39	2
3	Математичні моделі цифрових сигналів. Комп'ютерні моделі цифрових сигналів та каналів MATLAB. Літ.: [1] с.277-308; [2] с.31-40, 168-185; [3] с.23-34	2
4	Аналогово-цифрові перетворення для цифрового зв'язку. Амплітудно-імпульсна модуляція та демодуляція в дискретних каналах зв'язку. Літ.: [1] с.41-52; [2] с.39-49	2
5	Імпульсно-кодова модуляція та демодуляція. Врахування надлишковості первинних джерел під час імпульсної модуляції. Диференційна імпульсно-кодова модуляція та демодуляція. Дельта-модуляція. Літ.: [1] с.104-107; [2] с.52-63	2
6	Цифрова вузькосмугова модуляція. Багатомодова вузькосмугова модуляція. Формування логічних цифрових каналів. Літ.: [1] с.113-127; [2] с.72-78	2
7	Порівняльний аналіз цифрових різновидів вузькосмугової модуляції для застосування в фіксованому та мобільному зв'язку. Літ.: [1] с.122-127, [2] с.41-78, [3] с.61-65	2
8	Основи оптимальної фільтрації цифрових сигналів. Імпульсна та пакетна оптимальна фільтрація. Оптимальна фільтрація цифрових сигналів під час маніпуляції із мінімальним частотним зсувом. Літ.: [1] с.148-164, [2] с.30-41, [3] с.133-142	2
9	Цифрові кодеки джерел мовних сигналів із втратами. Системи з частковим відгуком. Аналіз рівня спотворень систем із частковим відгуком та систем на	2

	основній частоті. Літ: [1] с.91-104 , [2] с.30-41; [3] с.112-133,207-214	
10	Адаптивне цифрове кодування мовних сигналів. Імітація мовного тракту людини за допомогою вокодерів. Літ: [1] с.91-104 , [2] с.63-66; [3] с.232-237	2
11	Методи розширення спектру цифрових сигналів. Широкосмугова цифрова модуляція. Формування цифрового групового сигналу. Літ: [1] с.196-204 , [2] с.110-126	2
12	Цифрове ущільнення логічних цифрових каналів та забезпечення множинного доступу у спільному середовищі поширення цифрових сигналів. Літ: [1] с.676-692 , [2] с.164-161	2
13	Застосування Перетворення Фур'є, Лапласа та z-перетворення для обробки цифрових сигналів. Цифровий корелятор. Метод простору стану під час обробки цифрових сигналів. Літ: [1] с.734-759 , [2] с.100-110; [3] с.67-87	2
14	Фільтрація цифрових сигналів за Калманом. Лінійний еквайзер та критерії лінійного вирівнювання. Літ: [1] с.976-993 , [2] с.203-208; [3] с.216-229	2
15	Нестационарні канали зв'язку. Адаптивний еквайзинг. Літ: [1] с.983-1005 , [2] с.152-156; [3] с.145-160	2
16	Рекурентні алгоритми еквайзингу в нестационарних каналах мобільного зв'язку. Еквайзинг фільтрами Калмана та методом максимальної правдоподібності. Літ: [1] с.995-1016 , [2] с.219-222	2
17	Метод стохастичного градієнтного типу в нестационарних каналах цифрового зв'язку. Вплив властивостей нестационарного каналу на якість отриманих даних. Літ: [1] с.961-993 , [2] с.106-110, [3] с.336-359	2
	Разом за семестр:	34

2.2.2 Зміст лабораторних занять

Перелік лабораторних занять

№ з/п	Тема лабораторного заняття	Кільк. годин
1	Методики використання лабораторного устаткування та вимірювальних приладів. Особливості використання наявного вимірювального та допоміжного устаткування лабораторії. Дослідження впливу параметрів імпульсної піднесівної та амплітудно-імпульсної модуляції на форму та спектр. Літ: [1] с.107-111 , [2] с.41-45, [3] с.35-45	6
2	Дослідження впливу способів синхронної амплітудно-імпульсної демодуляції на якість відтворення повідомлень . Літ: [1] с.148-159 , [2] с.41-52	4
3	Дослідження способів асинхронної квазіоптимальної демодуляції цифрових повідомлень Літ.: [1] с.211-227; [2] с.100-107; [3] с.46-49	4
4	Дослідження способів тактової та циклової цифрової синхронізації в цифрових каналах зв'язку під час дії завад. [1] с.620-659; [2] с.142-144	4
5	Застосування цифрових ортогональних послідовностей для реалізації лінійного ущільнення-розділення цифрових сигналів. Літ.: [1] с.675-692; [2] с.144-161	4
6	Застосування функцій Радемахера та Уолша для реалізації нелінійного ущільнення-розділення цифрових сигналів. Літ.: [1] с.742-752; [2] с.78-87; [3] с.98-101	4
7	Дослідження квазіоптимального інтегрального фільтра на комутованих конденсаторах для виявлення цифрових сигналів. Літ.: [1] с.148-159, 204-210; [2] с.185-203; [3] с.84-97	4
8	Застосування цифрових послідовностей максимальної довжини для реалізації процесу розширення спектрів цифрових сигналів та ущільнення цифрових потоків. Літ.: [1] с.334-340; [3] с.162-169	4
	Разом за семестр:	34

2.2.3 Зміст практичних занять

Перелік практичних занять

№ з/п	Тема лабораторного заняття	Кільк. годин
1	Спектральний аналіз цифрових сигналів. Різновиди спектрів в різних базисах. Літ: [1] с.107-111 , [2] с.41-45, [3] с.35-45	2
2	Аналіз рівня спотворень передачі сигналів із імпульсними різновидами модуляції. Літ: [1] с.148-159 , [2] с.41-52	2
3	Порівняльний аналіз оптимального та квазіоптимального прийому цифрових сигналів в каналах із флуктуаційними завадами Літ.: [1] с.211-227; [2] с.100-107; [3] с.46-49	2
4	Раціональний вибір способів синхронізації цифрових каналів та їх параметрів. [1] с.620-659; [2] с.142-144	2
5	Синтез та аналіз цифрових ортогональних послідовностей та їх спектрів для забезпечення багатостанційного доступу. Літ.: [1] с.675-692; [2] с.144-161	2
6	Способи синтезу оптимальних систем обробки для прийому цифрових сигналів . Літ.: [1] с.742-752; [2] с.78-87; [3] с.98-101	2
7	Аналіз ефективності застосування цифрових систем розширення спектру для боротьби із завадами багатопроменевого поширення в мобільних системах. Літ.: [1] с.148-159, 204-210; [2] с.185-203; [3] с.84-97	2
8	Синтез лінійних та нелінійних еквайзерів для роботи мобільних телекомунікацій. Літ.: [1] с.734-740; [3] с.162-169	3
Разом за семестр:		17

2.2.4 Зміст самостійної (у т.ч. індивідуальної) роботи

Самостійна робота студентів *денної* форми здобуття освіти полягає у опрацюванні щотижневого лекційного матеріалу, виконанні завдань підготовки до лабораторних та практичних робіт, виконанні домашніх завдань практичних робіт, підготовці до захисту лабораторних робіт, виконанні завдань із практичних робіт, виконанні індивідуальних завдань, підготовці до проведення та проведення електронного тестування, підготовці до письмового бліц-тестування або до письмового або усного опитування, а також у підготовці до підсумкового контрольного заходу.

Зміст самостійної роботи студентів

Номер тижня	Вид самостійної роботи	К-ть годин
1	Підготовка до опанування курсу, реєстрація в модульному середовищі (встановлення індивідуальних планів та графіку дистанційного навчання, графіку консультацій, способам взаємодії із викладачем), підготовка до лабораторної роботи 1, підготовка до проведення практичної роботи 1, підготовка до проведення електронного тестування 1	6
2	Вибір індивідуальних завдань та тем рефератів. Опрацювання матеріалів лекції 1, підготовка до проведення електронного тестування 1, захист лабораторних робіт 1, виконання домашніх завдань практичного заняття 1, тестовий контроль збереження знань Т1	10
3	Опрацювання матеріалів лекції 2, підготовка до лабораторної роботи 2, підготовка до практичної роботи 2, виконання індивідуальних завдань , підготовка до письмового опитування 1	8
4	Опрацювання матеріалу лекції 3, підготовка до лабораторної роботи 2, захист результатів виконання лабораторної роботи 2, захист домашніх завдань практичної роботи 2, виконання індивідуальних завдань , підготовка до письмового опитування 1	10

5	Опрацювання матеріалу лекції 4, підготовка до лабораторної роботи 3, захист результатів виконання лабораторної роботи 2, підготовка до проведення практичної роботи 3, виконання індивідуальних завдань , підготовка до проведення електронного тестування 2	8
6	Опрацювання матеріалів лекції 5, підготовка до лабораторної роботи 3, захист результатів виконання лабораторної роботи 3, захист домашніх завдань із практичної роботи 3, виконання індивідуальних завдань , підготовка до проведення електронного тестування 2, тестовий контроль Т2	10
7	Опрацювання матеріалів лекції 6, підготовка до лабораторної роботи 4, захист результатів виконання лабораторної роботи 3, підготовка до проведення практичної роботи 4, виконання індивідуальних завдань , підготовка до письмового опитування 2	8
8	Опрацювання матеріалів лекції 7, підготовка до лабораторної роботи 4, захист результатів виконання лабораторної роботи 4, захист результатів виконання домашнього завдання із практичної роботи 4, виконання індивідуальних завдань , підготовка до письмового опитування 2	8
9	Опрацювання матеріалів лекції 8, підготовка до лабораторної роботи 5, підготовка до проведення практичної роботи 5, підготовка до проміжної контрольної роботи,	10
10	Опрацювання матеріалів лекції 9, підготовка до лабораторної роботи 5, захист результатів виконання домашньої роботи із практичного заняття 5, виконання індивідуальних завдань , підготовка до проведення електронного тестування 3	9
11	Опрацювання матеріалів лекції 10, підготовка до лабораторної роботи 6, захист результатів виконання лабораторної роботи 6, підготовка до проведення практичної роботи 6, виконання індивідуальних завдань , підготовка до проведення електронного тестування 3, тестовий контроль Т3	10
12	Опрацювання матеріалів лекції 11, підготовка до лабораторних робіт 6, захист результатів лабораторної роботи 6, захист домашніх завдань практичної роботи 6, виконання індивідуальних завдань , підготовка до письмового опитування 3	8
13	Опрацювання матеріалів лекції 12, підготовка до лабораторних робіт 7, захист результатів лабораторної роботи 6, підготовка до проведення практичної роботи 7, виконання індивідуальних завдань , підготовка до письмового опитування 3	10
14	Опрацювання матеріалів лекції 13, підготовка до лабораторних робіт 7, захист результатів лабораторної роботи 7, захист домашніх завдань із практичної роботи 7, виконання індивідуальних завдань , підготовка до проведення електронного тестування 4	8
15	Опрацювання матеріалів лекції 14, підготовка до лабораторної роботи 8, захист результатів виконання лабораторної роботи 7, підготовка до проведення практичної роботи 8, виконання індивідуальних завдань , підготовка до проведення електронного тестування 4, підготовка до захисту індивідуальних завдань	10
16	Опрацювання матеріалів лекції 15, підготовка за захист результатів виконання лабораторної роботи 8, захист результатів виконання домашнього завдання із практичної роботи 8, виконання індивідуальних завдань , підготовка до проведення електронного тестування 4, підготовка до письмового опитування , підготовка до колоквиумів за результатами виконання завдань лабораторних та практичних робіт, тестовий контроль Т4	10
17	Опрацювання матеріалів лекцій 16-17, підготовка до підсумкового контролю	12
Разом за семестр:		155

2.2.6 Орієнтовна тематика індивідуального завдання для самостійної роботи студентів

1. Історичні аспекти «цифровізації» аналогових телефонних систем зв'язку.
2. Історичні аспекти «цифровізації» відеотелефонних систем зв'язку .
3. Розвиток цифрового телерадіомовлення в Україні.
4. Застосування цифрових технологій у супутникових системах телерадіомовлення.

5. Порівняльний аналіз методів цифрового кодування мовних сигналів із метою стиснення даних із мінімальною втратою якості.
6. Огляд основних передумов домінування цифрового зв'язку в мережевих телекомунікаційних технологіях.
7. Зони застосування апаратних цифрових засобів в сучасних мережевих телекомунікаціях.
8. Порівняльний аналіз цифрових перетворень сигналів в цифрових каналах телекомунікацій із інформаційної точки зору.
9. Приклади використання імпульсних диференційної та дельта-модуляції в сучасних системах збереження та передачі цифрової інформації.
10. Основні технології синтезу цифрових фільтрів. Різновиди цифрових фільтрів.
11. Апаратна підтримка цифрової фільтрації, аналіз необхідної продуктивності комп'ютерних засобів для забезпечення мінімізації часу цифрової фільтрації.
12. Лінійні та нелінійні засоби ущільнення індивідуальних цифрових каналів в багатоканальних цифрових системах.
13. Апаратні засоби мажоритарного нелінійного цифрового ущільнення цифрових сигналів та забезпечення синхронізації під час мажоритарного ущільнення.
14. Цифрові та цифро-аналогові способи розширення спектру каналних сигналів.
15. Проблеми апаратних засобів широкосмугових та надширокосмугових систем цифрового зв'язку.
16. Повністю цифрові вузькосмугові радіочастотні системи обміну інформацією із забезпеченням конфіденційності.
17. Апаратні засоби у вигляді фільтрів Калмана в цифровій обробці сигналів.
18. Високошвидкісні цифрові комп'ютерні інтерфейси широкого застосування, сигнали, протоколи, можливості, використання, тощо. Функціональні перетворення цифрових сигналів в цих інтерфейсах.
19. Причини та наслідки не стаціонарності цифрових радіоканалів через наявність багатопроменевого поширення сигналів.
20. Рознесений прийом сигналів за різними параметрами як засіб боротьби із багатопроменевим поширенням в мобільних цифрових системах телекомунікації.
21. Моделі нестационарних каналів зв'язку в середовищі MATLAB для симуляції роботи реальних мобільних цифрових радіоканалів.
22. Адаптація форми цифрових сигналів за допомогою застосування попередніх спотворень до особливостей наявних провідних ліній передачі.
23. Адаптація форми цифрових сигналів за допомогою застосування попередніх спотворень до особливостей наявних оптоволоконних ліній передачі.
24. Параметри око-діаграми інтегрального оцінювання якості цифрового каналу в умовах спотворень та завад в цифровому каналі.
25. Сучасне апаратне та програмне забезпечення якості передачі даних на основі ОКО-діаграм.
26. Способи зовнішнього захисту цифрових каналів зв'язку від несанкціонованого доступу, без застосування програмних алгоритмів шифрування.
27. Огляд та порівняльна характеристика цифрових ортогональних базисів сигналів, що застосовуються в діючих системах цифрових телекомунікацій.
28. Оцінювання надлишковостей мови для оптимального цифрового кодування джерел мовних сигналів.
29. Оцінювання надлишковостей аналогового телевізійного сигналу для оптимального цифрового кодування джерел відеоінформації різного ступеню якості.

3. ТЕХНОЛОГІЇ ТА МЕТОДИ НАВЧАННЯ

Процес навчання з дисципліни «Цифровий зв'язок» базується як на застосуванні традиційних так і прогресивних технологій освітнього середовища. Прогресивними технологіями, що застосовано під час набуття вказаних вище компетенцій є застосування візуалізації лекційного матеріалу за допомогою мультимедійного контенту, динамічного та статичного наглядного матеріалу (демонстрація пристроїв та їх функціонування), електронних

плакатів, навчальних фільмів, виконання віртуальних лабораторних робіт в середовищі МАТЛАБ, використання методів автоматизованих комплексних розрахунків, застосування комп'ютерних симуляцій під час виконання практичних та лабораторних робіт, опрацювання та оформлення результатів лабораторних та практичних робіт за допомогою офісних та спеціалізованих програм, проведення електронних аудиторних автоматичних письмових бліц-тестів із обмеженням у часі, проведення тестування (в тому числі і навчального тестування) у модульному середовищі за різними напрямками та компетенціями, опанування компетенцій на основі інформації з інтернет-ресурсів під час виконання індивідуальних завдань.

Традиційними технологіями освітнього середовища є: викладання лекційного матеріалу із застосуваннями візуалізації на дошці, виконання лабораторних робіт за допомогою типового вимірального устаткування та спеціально розроблених лабораторних макетів, письмове та усне опитування під час поточного та підсумкового контролю, виконання індивідуальних завдань в рамках самостійної роботи.

4. МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Завдяки виділенню достатнього часу на практичні та лабораторні заняття за навчальним планом, засоби поточного контролю реалізуються переважно в рамках виконання практичних та лабораторних робіт. Під час поточного контролю використовуються такі методи:

- усне опитування із теоретичного матеріалу завдання для підготовки до роботи перед допуском до лабораторного заняття;
- захист індивідуального письмового завдання для підготовки до лабораторної роботи;
- захист письмового домашнього завдання до підготовки до кожної практичної роботи;
- контроль якості оформлення звітів лабораторних робіт та відповідність його стандартам університету;
- усний захист за результатами підготовки та виконання лабораторної роботи;
- усне опитування за лекційним та практичним матеріалом під час проведення практичних робіт;
- контроль практичних навичок коректного використання лабораторного устаткування та метрологічних правил проведення вимірювання під час виконання лабораторних робіт;
- тестовий тематичний контроль (аудиторний, бліц-тест) теоретичного матеріалу у модульному середовищі під час виконання практичних робіт;
- презентація та захист індивідуальних завдань;
- захист тематичних рефератів;
- рівень допомоги у створенні та модернізації технічної бази лабораторії;
- письмове опитування (контрольна роботи) як засіб проміжного контролю опанування лекційного матеріалу.

Семестровий контроль проводиться у формі заліку.

Студент, який набрав позитивний середньозважений бал за поточну роботу, але негативний за підсумковий контрольний захід (залік), вважається невстигаючим.

5. ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ СТУДЕНТІВ У СЕМЕСТРІ

Кожний різновид контролю з дисципліни «Кінцеві засоби телекомунікацій» оцінюється за **чотирибальною** шкалою («відмінно», «добре», «задовільно», «незадовільно»). Семестрова підсумкова оцінка визначається як середньозважена з усіх видів навчальної роботи включаючи підсумковий контрольний захід, виконаних і зданих **позитивно** з урахуванням вагових коефіцієнтів.

Оцінка, яка виставляється за **практичне заняття**, складається з таких елементів:

- відповіді на поточні запитання із матеріалу, що пройдено, в тому числі на лекції;
- результати проходження тестів у модульному середовищі;
- рівень інтерактивної взаємодії із викладачем під час аудиторного заняття;
- рівень виконання домашніх, додаткових та самостійних завдань, рефератів;
- результати бліц-тестування.
- захист та оформлення результатів письмового виконання домашнього завдання

- практичної роботи;
- рівень опанування студентами методик розрахунків, оцінювання та оперативності виконання практичної роботи;
 - рівень компетенцій у володінні студентом спеціальною термінологією і уміння професійно обґрунтувати отримані розрахункові результати;
 - своєчасний захист практичних завдань.
- Оцінка, яка виставляється за *лабораторне заняття*, складається із наступних елементів:
- результати захисту та якість оформлення завдання для підготовки до лабораторної роботи;
 - рівень опанування методів вимірювання та методик розрахунків під час виконання роботи;
 - якість оформлення протоколу отриманих даних та форма представлення графічної та текстової частини лабораторної роботи;
 - рівень компетенцій щодо використання спеціальної термінології, уміння професійно обґрунтувати отримані результати під час захисту лабораторної роботи;
 - своєчасний захист лабораторної роботи.

Термін захисту лабораторної роботи та результатів практичної роботи вважається своєчасним, якщо студент оформив та захистив роботу на наступному після виконання роботи аудиторному занятті (не більше 2 тижнів). Пропущене аудиторне лабораторне або практичне заняття студент має відпрацювати в окремий, встановлений викладачем, термін з реєстрацією у відповідному журналі кафедри, але не пізніше, ніж за два тижні до закінчення аудиторних занять у семестрі.

Підсумкова контрольна робота виконується в письмовій формі під час останнього практичного заняття. Завдання підсумкової роботи включає в себе 2-4 теоретичних запитання та 1-2 практичних задачі. Кожне запитання є елементом контролю та оцінюється за чотирибальною шкалою. Сумарна оцінка є середньоарифметичним значенням оцінювання кожного елементу.

Оцінювання компетенцій студентів за елементами контролю здійснюється за такими критеріями:

Оцінка за націон. шкалою	Узагальнений критерій
Відмінно	Студент у повному обсязі опанував зміст та суть елемента навчання, легко орієнтується у розташуванні та взаємному зв'язку цього елемента із іншими компетенціями; має повні компетенції виконання методик вимірювання, представлення та використання результатів лабораторних та практичних робіт; спроможність аргументовано обґрунтовувати свої судження та представлення. Відмінна оцінка передбачає наявність компетенції коректного та лаконічного подання відповідей із використанням спеціальної термінології. Під час відповіді студент проявляє творчу активність. Допускається наявність декількох несуттєвих помилок та обмовлень.
Добре	Студент виявив практично повне засвоєння змісту елемента навчального матеріалу, володіє понятійним апаратом; свідомо використовує набуті знання та компетенції для вирішення необхідних практичних задач; виклад відповіді коректний та загалом відповідає запитанню (умовам), але у змісті і формі відповіді можуть мати місце окремі помилки, неточності, нечіткі формулювання закономірностей, заміна та переплутування понять тощо. Творча активність студента в рамках елемента обмежена.
Задовільно	Засвоєння змісту навчального матеріалу студентом знаходиться на мінімально достатньому рівні, він слабо володіє необхідними компетенціями та спеціальною термінологією, але рівень володіння понятійним апаратом достатній для подальшого навчання. Допускається наявність декількох принципових помилок та неточностей, які за умови конкретизованих або додаткових запитань викладача самостійно виправляються студентом, або студент вказує шляхи їх виправлення. Творча

	активність студента практично не проявляється.
Незадовільно	Студент виявив недостатній рівень знань та компетенцій з елементу навчання. Подальше продовження навчання з дисципліни можливо тільки за умови повторного опанування елементу навчання. Під час відповідей у студента відсутня логічна організація відповіді, він допускає велику кількість помилок навіть під час визначення елементарних спеціальних понять, відсутні компетенції щодо виконання лабораторних та практичних робіт, творча активність не виявлена.

Структурування дисципліни за видами робіт і оцінювання результатів навчання студентів у семестрі за ваговими коефіцієнтами

Аудиторна робота																Самостійна, індивідуальна робота			
Практичні роботи № 1-№8								Лабораторні роботи № 1-№8								Тестовий контроль			
1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	Тема 1 (Т1)	Тема 2 (Т2)	Тема 3 (Т3)	Тема 4 (Т4)
Ваговий коефіцієнт 0,4								Ваговий коефіцієнт 0,4								Ваговий коефіцієнт 0,2			

Підсумкова семестрова оцінка за інституційною шкалою і шкалою ЄКТС встановлюється в автоматизованому режимі після внесення викладачем усіх оцінок до електронного журналу. Співвідношення інституційної шкали оцінювання і шкали оцінювання ЄКТС наведені у таблиці.

Залік виставляється, якщо середньозважений бал, який отримав студент з дисципліни, знаходиться у межах від 3,00 до 5,00 балів. При цьому за інституційною шкалою ставиться оцінка «зараховано», а за шкалою ЄКТС – буквене позначення оцінки, що відповідає набраній студентом кількості балів відповідно до таблиці Співвідношення.

Співвідношення інституційної шкали оцінювання і шкали оцінювання ЄКТС

Оцінка ЄКТС	Інституційна інтервальна шкала балів	Інституційна оцінка, критерії		
		Бал	Статус	Критерії
<i>A</i>	4,75–5,00	5	Зараховано	<i>Відмінно</i> – глибоке і повне опанування навчального матеріалу і виявлення відповідних умінь та навичок
<i>B</i>	4,25–4,74	4		<i>Добре</i> – повне знання навчального матеріалу з кількома незначними помилками
<i>C</i>	3,75–4,24	4		<i>Добре</i> – в загальному правильна відповідь з двома-трьома суттєвими помилками
<i>D</i>	3,25–3,74	3		<i>Задовільно</i> – неповне опанування програмного матеріалу, але достатнє для практичної діяльності за професією
<i>E</i>	3,00–3,24	3		<i>Задовільно</i> – неповне опанування програмного матеріалу, що задовольняє мінімальні критерії оцінювання
<i>FX</i>	2,00–2,99	2	Незараховано	<i>Незадовільно</i> – безсистемність одержаних знань і неможливість продовжити навчання без додаткових знань з дисципліни
<i>F</i>	0,00–1,99	2		<i>Незадовільно</i> – необхідна серйозна подальша робота і повторне вивчення дисципліни

6. ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ РЕЗУЛЬТАТІ НАВЧАННЯ

1. Часові параметри цифрових сигналів як послідовності імпульсів. Взаємозв'язок часових параметрів сигналів для використання в каналах передачі.
2. Спектральні параметри цифрових сигналів, вплив параметрів на спектральні характеристики. Взаємозв'язок частотних параметрів сигналів для використання в каналах передачі.
3. Узагальнена структурна схеми цифрового каналу зв'язку. Функціональне перетворення сигналів в узагальненій схемі.
4. Математична модель форми цифрового сигналу. Логічні елементи формування цифрових сигналів. Запас завадостійкості цифрових логічних елементів. Методи збільшення запасу завадостійкості.
5. Застосування цифрових сигналів під час дії шумів різного рівня. Вибір порогу спрацьовування та точки контролю цифрового сигналу. Дослідження форми та спектру цифрових сигналів на приймальному боці каналу зв'язку.
6. Особливості цифрових каналів зв'язку порівняно із аналоговими, результати впливу завад на цифрові канали зв'язку. Тактичні характеристики цифрового каналу зв'язку.
7. Процес отримання цифрового сигналу на основі аналогового джерела за допомогою форматування. Структура процесу форматування. Функціональне призначення блоків форматування.
8. Різновиди амплітудно-імпульсної модуляції. Використання різновидів амплітудно-імпульсної модуляції залежно від особливостей каналу та джерела інформації.
9. Методики виявлення надлишковості джерел первинних повідомлень та шляхи її зменшення під час використання цифрової обробки.
10. Імпульсно-кодова модуляція. Варіанти, різновиди, переваги та недоліки застосування кожного із варіантів імпульсно-кодової модуляції.
11. Цифрова вузькосмугова модуляція, багатоходова модуляція. Фазовий портрет під час модуляції. Модуляційне сузір'я.
12. Варіанти багатомодової вузькосмугової цифрової модуляції, апаратна реалізація багатомодової модуляції.
13. Широкозмугова цифрова модуляція, апаратна реалізація широкозмугової цифрової модуляції. Переваги та зони застосування широкозмугової цифрової модуляції.
14. Адаптація застосування різновидів цифрової модуляції до умов дії випадкових завад певного типу в каналі цифрового зв'язку.
15. Синтез оптимального фільтру внутрішньоперіодної обробки цифрового сигналу на тлі флуктуаційних завад.
16. Трансверсальний оптимальний фільтр цифрових сигналів.
17. Побудова оптимальних фільтрів міжперіодної обробки цифрового сигналу.
18. Розбірливість мови та застосування принципів та методів цифрової обробки сигналів для передачі мовних сигналів із заданою розбірливістю.
19. Цифрове форматування мовних сигналів із врахуванням формантної теорії мови.
20. Стискання цифрового потоку мовного сигналу із мінімальною втратою якості.
21. Вокодері та їх структурна та алгоритмічна будова. Параметри та налаштування вокодерів.
22. Індивідуальні та групові канали в багатоканальних цифрових системах. Апаратні та програмні способи ущільнення цифрових потоків.
23. Системні завади та нелінійна взаємодія під час нелінійного ущільнення цифрових сигналів в багатоканальних системах.
24. Око-діаграма цифрового сигналу. Способи отримання око-діаграм та базові принципи застосування її застосування для оперативного оцінювання якості цифрового каналу. Первинні та вторинні параметри око-діаграми під час аналізу якості цифрового каналу передачі. Вибір оптимального тестового сигналу для побудови око-діаграми.
25. Отримання значення ймовірнісних характеристик та параметрів якості цифрового каналу передачі на основі аналізу око-діаграм.
26. Прогресивні цифрові методи розширення спектрів цифрових сигналів. Обґрунтування необхідності розширення спектру для боротьби із завадами певних типів.
27. Скремблювання цифрових сигналів в нестационарних каналах передачі.

28. Лінійні та нелінійні корелятори для оптимальної обробки цифрових сигналів. Застосування теорії ортогональних перетворень для опису моделей цифрових кореляторів.

29. Теоретичні засади роботи фільтрів Калмана для виявлення цифрових сигналів в умовах флуктуаційних завад.

30. Задачі та методи лінійного еквалайзингу за умов багатопроменевого поширення в цифрових каналах передачі мобільного зв'язку.

31. Способи адаптивного еквалайзингу за умов багатопроменевого поширення сигналів в цифрових радіоканалах різних частотних діапазонів.

32. Способи та методи рекурсивного еквалайзингу в умовах багатопроменевого поширення в цифрових радіоканалах.

33. Прямий еквалайзинг складових сигналу з точки зору часу затримки окремих цифрових потоків в умовах сильних та слабких замирань.

34. Комплексне вирішення забезпечення якості передачі даних в нестационарних цифрових каналах зв'язку.

35. Реалізація методу стохастичного градієнтного вирівнювання в нестационарних цифрових каналах зв'язку.

8. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Сенько В.І. Електроніка і мікросхемотехніка: У 4-х т. Том 3. Цифрові пристрої/ В.І.Сенько - - Київ : Каравелла, 2023.- 400с

2. Теорія цифрових систем [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студ. спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології», освітньої програми «Інформаційне забезпечення робототехнічних систем» / І. Р. Пархомей, В. П. Пасько, О. М. Польшакова, О. А. Стенін ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 2.851 Кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 133 с.

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

Допоміжна

1. Лосев Ю. І. Основи теорії передачі інформації : навчальний посібник / Ю. І. Лосев, С. І. Шматков ; за ред. Ю. І. Лосева. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2013.– 292 с

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

3. Воробієнко П.П. [та ін.]. Телекомунікаційні та інформаційні мережі: Підручник [для вищих навчальних закладів] / П.П. Воробієнко, Л.А. Нікітюк, П.І. Резніченко. – К. : САММІТ-Книга, 2010.– 708 с.: іл.

4. Основи цифрового зв'язку : методичні вказівки до лабораторних робіт для студентів телекомунікаційних напрямів підготовки / О. С. Пивовар, Л. О. Ковтун. – Хмельницький : ХНУ, 2012. – 54 с.

9. ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

1. Модульне середовище для навчання. Доступ до ресурсу: <https://msn.khnu.km.ua>.

2. Електронна бібліотека університету . Доступ до ресурсу: http://lib.khnu.km.ua/asp/php_f/page_lib.php.

3. Репозитарій ХНУ. Доступ до ресурсу: <http://elar.khnu.km.ua/jspui/?locale=uk>.