

# ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан факультету інформаційних технологій

Олег САВЕНКО

2023 р.



## РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

*Програмно-конфігуровані системи передавання,*

*приймання та обробки інформації*

*Галузь знань* – 17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації

*Спеціальність* – 172 Електронні комунікації та радіотехніка

*Рівень вищої освіти* – Другий (магістерський)

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

*Обсяг дисципліни* – 5 кредитів ЄКТС *Шифр дисципліни* – ОПІ.02

*Мова навчання* – українська

*Статус дисципліни:* обов'язкова (цикл професійної підготовки)

*Факультет* – Інформаційних технологій

*Кафедра* – Телекомунікацій, медійних та інтелектуальних технологій

Форма навчання	Курс	Семестр	Загальне навантаження		Кількість годин					Курсовий проект	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	1	1	5	150	51	17	34	-	99	-	-	-	+
Разом ДФН			5	150	51	17	34	-	99	-	-	-	+

Робоча програма складена на основі освітньо-професійної програми

Програму складено

Юлій БОЙКО

Схвалено на засіданні кафедри телекомунікацій, медійних та інтелектуальних технологій

Протокол № 1 від 31 серпня 2023 року

Завідувач кафедри ТМІТ

Сергій ПІДЧЕНКО

Робоча програма розглянута та схвалена Вченою радою факультету інформаційних технологій

Голова Вченої ради

Олег САВЕНКО

# **ПРОГРАМНО-КОНФІГУРОВАНІ СИСТЕМИ ПЕРЕДАВАННЯ, ПРИЙМАННЯ ТА ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ**

## **Опис дисципліни (анотація)**

<b>Тип дисципліни</b>	Нормативна
<b>Цикл (перший/другий/третій)</b>	Другий (магістерський)
<b>Мова викладання</b>	Українська
<b>Рік навчання</b>	Перший
<b>Семестр</b>	Перший
<b>Кількість встановлених кредитів ЄКТС</b>	5,0
<b>Форми навчання, для яких викладається дисципліна</b>	денна

**Результати навчання:** Студент, який успішно завершив вивчення дисципліни, повинен: розуміти загальні принципи організації програмно-конфігурованих радіосистем, принципи функціонування передавального та приймального обладнання програмно-конфігурованих радіосистем, технології цифрової обробки сигналів у системах програмно-конфігурованого радіо, схемотехніку радіочастотних модулів програмно-конфігурованого радіо, концепцію програмної реалізації програмно-конфігурованих радіосистем, концептуальні засади щодо формування сигнально-кодових конструкцій та заводостійкого приймання у електронних комунікаціях, володіти питаннями оптимізації та програмного забезпечення систем програмно-конфігурованого радіо.

**Зміст навчальної дисципліни:** Формування загальних та спеціальних компетентностей щодо аналізу структуру побудови та технічних характеристики програмно-конфігурованих радіосистем електронних комунікацій; оцінювання та оптимізація пропускну здатності систем програмно-конфігурованого радіо; розгортання мереж на основі програмно-конфігурованих радіосистем електронних комунікацій; розрахунок необхідного частотного ресурсу, заводостійкості систем програмно-конфігурованого радіо; оцінювання ефективності та оптимального проектування телекомунікаційних мереж на основі сучасних протоколів передачі інформації; формування, схемотехніка та комплектація програмно-конфігурованих радіосистем передачі інформації провідних фірм світу.

**Запланована навчальна діяльність:** лекцій 17 год., семінарських занять 34 год., самостійної роботи 99 год.; разом 150 год.

**Форми (методи) викладання:** лекції (з використанням методів проблемного навчання і візуалізації); лабораторні роботи, самостійна робота (індивідуальні завдання).

**Форми та критерії оцінювання:** усне опитування, тестування. Критерії оцінювання наведені у робочій програмі дисципліни та MOODLE.

**Вид семестрового контролю:** іспит

**Навчальні ресурси:**

1. Бойко Ю.М. Програмно-конфігуровані системи передавання, приймання та обробки інформації: монографія /Ю. М. Бойко, Л. В. Карпова, О.І. Полікаровських, В.П. Ткачук. – Хмельницький : ХНУ, 2023. – 317с.
2. Бойко Ю.М. Програмно-конфігуровані системи передавання, приймання та обробки інформації : конспект лекцій з дисципліни для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 172 «Електронні комунікації та радіотехніка» / Ю. М. Бойко, Л. В. Карпова. Хмельницький : ХНУ, 2024. 105 с.
3. Бойко Ю. М. Теоретичні аспекти підвищення заводостійкості й ефективності обробки сигналів в радіотехнічних пристроях та засобах телекомунікаційних систем за наявності завод : монографія / Ю. М. Бойко, В. А. Дружинін, С. В. Толюпа. - Київ : Логос, 2018. - 227 с.
4. Бойко Ю.М. Науково-прикладні питання забезпечення роздільної здатності і ефективності обробки сигналів у радіотехнічних та телекомунікаційних системах за наявності завод : монографія / Ю. М. Бойко, О. М. Шинкарук, Л. В. Карпова, І. І. Чесановський. – Хмельницький : ХНУ, 2019. – 218 с.
5. Шинкарук О.М. Приймання та оброблення сигналів: навч. посібник /О.М. Шинкарук, В.І. Правда, Ю.М. Бойко. – Хмельницький: ХНУ, 2013. – 365 с.
6. Модульне середовище для навчання MOODLE.

Доступ до ресурсу: <https://msn.khmn.edu.ua/course/view.php?id=8783>

## 1. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Програмна реалізація більшості функцій по обробці високочастотних сигналів і оперативне програмне керування апаратурою забезпечують кардинальне підвищення функціональних можливостей радіосистем шляхом підтримки їх роботи у різних сервісах, широкій смузі частот і в різноманітних стандартах зв'язку. Саме ці ключові концептуальні особливості стали визначальними у широкому провадженні до сучасних електронно-комунікаційних технологій концепції програмно-конфігурованих систем передавання, приймання та обробки інформації у яких більшість функцій фізичного рівня виконуються в програмному виді, а функції які виконуються апаратно - повинні оперативного модифікуватись за вимогами робочого стандарту зв'язку. Таким чином радіообладнання програмно-конфігурованих радіосистем це обладнання надсучасних електронно-комунікаційних технологій на які у найближчому майбутньому перейде більшість радіосистем. Дисципліна «Програмно-конфігуровані системи передавання, приймання та обробки інформації» є однією із обов'язкових дисциплін яка займає провідне місце у підготовці фахівців освітнього рівня «магістр» за спеціальністю 172 Електронні комунікації та радіотехніка особливо в контексті підготовки фахівців здатних розуміти і працювати із сучасними електронно-комунікаційними технологіями.

**Пререквізити** – методологія та організація наукових досліджень; завадостійкість та інформаційна безпека інфокомунікацій.

**Кореквізити** – апаратно-програмне забезпечення інформаційно-комунікаційних систем та мереж; системний аналіз інформаційно-комунікаційних систем та мереж; моделювання і оптимізація радіотехнічних засобів електронних комунікацій.

Відповідно до освітньо-професійної програми “Електронні інформаційно-комунікаційні системи та мережі” дисципліна має забезпечити:

- **компетентності:** Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології. Здатність застосовувати наукові факти, концепції, теорії, принципи та методології наукових досліджень. Здатність до реалізації принципів системного підходу при проведенні досліджень процесів, що протікають в телекомунікаційних і радіотехнічних системах, комплексах та пристроях. Здатність обґрунтовано обирати та ефективно застосовувати математичні методи, комп'ютерні технології моделювання, а також підходи та методи оптимізації телекомунікаційних і радіотехнічних систем, комплексів, технологій, пристроїв та їх компонентів на всіх етапах їх життєвого циклу. Здатність розв'язувати задачі забезпечення надійності, живучості, завадозахищеності, інформаційної безпеки та пропускну здатності телекомунікаційних та радіотехнічних систем з урахуванням економічних, правових, безпекових та інших аспектів. Здатність розробляти, вдосконалювати та використовувати сучасне програмне, апаратне та програмно-апаратне забезпечення телекомунікаційних та радіотехнічних пристроїв (засобів, систем, комплексів). Здатність розв'язувати складні професійні задачі на основі застосування новітніх технологій передавання, приймання і обробки інформації.

- **програмні результати навчання:** Розробляти і реалізовувати сучасні та перспективні телекомунікаційні і радіотехнічні системи, комплекси, технології, пристрої та їх компоненти. Планувати і виконувати наукові та прикладні дослідження у сфері телекомунікації та радіотехніки, застосовувати для цього методи математичного і фізичного моделювання, обробки інформації, інтерпретувати результати досліджень та обґрунтовувати висновки. Аналізувати напрями розвитку і новітні стандарти у сфері телекомунікацій та радіотехніки. Застосовувати мови програмування загального та спеціалізованого призначення, пакети аналітичного та імітаційного моделювання, а також інструменти розробки програмного та апаратного забезпечення для розв'язання складних задач телекомунікацій та радіотехніки. Забезпечувати надійність, живучість, завадозахищеність, інформаційну безпеку та пропускну здатність телекомунікаційних та радіотехнічних систем. Проводити системний аналіз складних інформаційно-комунікаційних та телекомунікаційних систем шляхом: визначення цілей аналізу, визначення критеріїв досягнення цілей, побудови

моделей для обґрунтування рішення, пошук оптимального рішення, узгодження рішення та перевірки ефективності рішення.

Дисципліни, що передують вивченню **«Програмно-конфігуровані системи передавання, приймання та обробки інформації»** – методологія та організація наукових досліджень; завадостійкість та інформаційна безпека інфокомунікацій.

**Мета викладання дисципліни.** Метою навчальної дисципліни є надання студентам знань, навиків та умінь, щодо аналізу і синтезу програмно-конфігурованих радіосистем електронних комунікацій, принципів побудови, логічної та фізичної структури програмно-конфігурованих радіосистем, архітектури та технічних засобів радіосистем когнітивного, адаптивного та інтелектуального радіо, основних систем модуляції та сигнально-кодових конструкцій; перспектив розвитку систем та мереж програмно-конфігурованих радіосистем електронних комунікацій.

**Предметом курсу «Програмно-конфігуровані системи передавання, приймання та обробки інформації»** є поняття та загальні принципи побудови логічної та фізичної структури програмно-конфігурованих радіосистем електронних комунікацій.

**Завдання дисципліни:** Формування загальних та спеціальних компетентностей щодо аналізу структуру побудови та технічних характеристики програмно-конфігурованих радіосистем електронних комунікацій; оцінювання та оптимізація пропускну здатності систем програмно-конфігурованого радіо; розгортання мереж на основі програмно-конфігурованих радіосистем електронних комунікацій; розрахунок необхідного частотного ресурсу, завадостійкості систем програмно-конфігурованого радіо; оцінювання ефективності та оптимального проектування телекомунікаційних мереж на основі сучасних протоколів передачі інформації; формування, схемотехніка та комплектація програмно-конфігурованих радіосистем передачі інформації провідних фірм світу.

**Результати навчання.** Студент, який успішно завершив вивчення дисципліни, повинен: розуміти загальні принципи організації програмно-конфігурованих радіосистем, принципи функціонування передавального та приймального обладнання програмно-конфігурованих радіосистем, технології цифрової обробки сигналів у системах програмно-конфігурованого радіо, схемотехніку радіочастотних модулів програмно-конфігурованого радіо, концепцію програмної реалізації програмно-конфігурованих радіосистем, концептуальні засади щодо формування сигнально-кодових конструкцій та завадостійкого приймання у електронних комунікаціях, володіти питаннями оптимізації та програмного забезпечення систем програмно-конфігурованого радіо.

## 2. СТРУКТУРА ЗАЛІКОВИХ КРЕДИТІВ ДИСЦИПЛІНИ

Назва теми	Кількість годин, відведених на:			
	Денна форма навчання			
	Лекції	Лабор. роботи	Практ.	СРС
<b>Перший семестр</b>				
<b>Тема 1.</b> Архітектура програмно-конфігурованих система передавання, приймання та обробки інформації	2	4	-	13
<b>Тема 2.</b> Основні компоненти програмно-конфігурованого радіо	2	6	-	12
<b>Тема 3.</b> Цифрові перетворення та обробка модульованих сигналів в програмно-конфігурованих системах передавання, приймання та обробки інформації	2	4	-	13

Тема 4. Схемотехніка радіочастотних модулів програмно-конфігурованих радіосистем	2	4	-	12
Тема 5. Ширококутні елементи програмно-конфігурованих радіосистем	2	4	-	12
Тема 6. Шумові параметри приймача з нульовою проміжною частотою	2	4	-	12
Тема 7. Моделювання систем програмно-конфігурованого радіо	2	4	-	12
Тема 8. Оптимізація та автоматичне регулювання у програмно-конфігурованих системи передавання, приймання та обробки інформації	2	4	-	13
<b>Разом за семестр</b>	<b>17</b>	<b>34</b>	<b>-</b>	<b>99</b>

### 3. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

#### 3.1 Зміст лекційного курсу

Номер лекції	Перелік тем лекцій, їх анотації	Кількість годин
1	<b>Архітектура програмно-конфігурованих система передавання, приймання та обробки інформації.</b> Радіостанції програмно-конфігурованого радіо. Приймач програмно-конфігурованого радіо. Передавач програмно-конфігурованого радіо. Синтезатори частоти. Антенно-фідерні пристрої. Програмна підтримка обладнання радіоканалу програмно-конфігурованого радіо. Література: [1] с. 13....127; [2] с. 11....38.	2
2	<b>Основні компоненти програмно-обумовленого радіо.</b> Фільтруючі пристрої та підсилювачі. Поліфазна і комплексна фільтрація. Активні фільтри. Змішувачі. Квадратурні модулятори та демодулятори. Література: [1] с. 129....164; [3] с. 151....224.	2
3	<b>Цифрові перетворення та обробка модульованих сигналів в програмно-конфігурованих системах передавання, приймання та обробки інформації.</b> Аналого-цифрові перетворення в тракці програмно-конфігурованого радіо. Цифро-аналогові перетворення в тракці програмно-конфігурованого радіо. Базова архітектуру мікросхем АЦП, ЦАП. Література: [1] с. 173....202; [4] с. 143.....189.	2
4	<b>Схемотехніка радіочастотних модулів програмно-конфігурованих радіосистем.</b> Схемотехніка вхідних каскадів підсилення та селекції програмно-конфігурованого радіо. Принципи та реалізація вузько- та ширококутних синтезаторів. Лінеаризовані підсилювачі потужності. Концепція передавача програмно-конфігурованого радіо з передстпотворенням. Література: [1] с. 204.....249; [2] с. 67.....258.	2
5	<b>Ширококутні елементи програмно-конфігурованих радіосистем.</b> Ширококутні антенні пристрої. Дуплексори. Частотно-незалежні антенні системи. Ширококутні підсилювачі. Ширококутні трансформатори. Література: [1] с. 115....120; [2] с. 67.....160.	2
6	<b>Шумові параметри приймача з нульовою проміжною частотою.</b> Коефіцієнти шуму в радіо- та baseband- діапазонах. Основні параметри приймачів програмно-конфігурованого радіо. Джерела постійної складової.	2

	Подавлення постійної складової та флікер-шумів. Література: [2] с. 41....63; [1] – 115.....120.	
7	<b>Звадостійкість систем програмно-конфігурованого радіо.</b> Модель радіоканалу. Достовірність приймання. Моделювання приймача з нульовою проміжною частотою. Література: [1] с. 252.....271; [4] с. 167.....179.	2
8	<b>Оптимізація та автоматичне регулювання у програмно-конфігурованих системи передавання, приймання та обробки інформації.</b> Автоматичне регулювання підсилення. Корекція асиметрії каналів приймання. Оптимальні некогерентні частотний і фазовий детектори. Особливості тактової синхронізації. Література: [1] с. 289 .....303; [2] с. 313.....344.	3
	<b>Разом за 1 семестр</b>	<b>17</b>

### 3.2 Перелік лабораторних занять

№ n/n	Теми лабораторних занять	Кількість годин
1	Лаб. роб. №1 Програмне проектування цифрових фільтрів для пристроїв програмно-конфігурованого радіо	2
2	Лаб. роб. № 2 Програмне дослідження операцій інтерполяції, децимації та передискретизації в тракті програмно-конфігурованих радіосистем	4
3	Лаб. роб. № 3 Дослідження ефектів квантування при цифровій фільтрації в програмно-конфігурованих радіосистемах	4
4	Лаб. роб. № 4 Дослідження спектральних характеристик дискретних сигналів в програмно-конфігурованих радіосистемах	4
5	Лаб. роб. № 5 Інтерфейс пристрою RTL-SDR. Калібрування частоти RTL-SDR	4
6	Лаб. роб. № 6 Використання програмно-конфігурованих комплексів для радіоконтролю (RTL-SDR)	4
7	Лаб. роб. № 7 Вимірювання рівнів сигналів та завад з використанням програмно-конфігурованих систем (RTL-SDR)	4
8	Лаб. роб. № 8 Дослідження приймача RTL-SDR з контуром ФАПЧ	4
9	Лаб. роб. № 9 Дослідження методів цифрової маніпуляції у програмно-конфігурованих системах	4
	<b>Разом за 1 семестр</b>	<b>34</b>

### 3.3 Зміст самостійної (у т.ч. індивідуальної) роботи

Самостійна робота студентів з дисципліни «Програмно-конфігуровані системи передавання, приймання та обробки інформації» включає: опрацювання теоретичних основ, прослуханого лекційного матеріалу; підготовку до тестового контролю та лабораторних робіт, контрольної роботи, письмове оформлення індивідуальних завдань тощо.

#### Зміст самостійної роботи студентів

Номер тижня	Вид самостійної роботи	Кількість годин
1,2	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т1. Підготовка до лабораторного заняття	11
3,4	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т2. Підготовка до лабораторного заняття	11
5,6	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т3. Підготовка до лабораторного заняття	11

7,8	Підготовка до контрольної роботи з Т1-3. Підготовка до тестового контролю з Т1-3	11
9,10	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т4-5. Підготовка до лабораторного заняття	11
11,12	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т6-7. Підготовка до лабораторного заняття	11
13,14	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т8. Підготовка до лабораторного заняття	11
15,16	Підготовка до практичного заняття. Підготовка до контрольної роботи з Т4-8	11
17	Підготовка до тестового контролю з Т4-8. Підготовка до лабораторного заняття	11
	<b>Разом за І семестр:</b>	<b>99</b>

### **Завдання для письмового оформлення індивідуального домашнього завдання.**

Індивідуальне домашнє завдання з дисципліни „Програмно-конфігуровані системи передавання, приймання та обробки інформації” складається з написання реферату з двох проблемних теоретичних питань у галузі сучасних технологій телекомунікацій. Вибираючи варіант індивідуального домашнього завдання, студент користується таблицею. Варіант домашнього завдання визначається студентом залежно від першої літери прізвища та останньої цифри номера залікової книжки. В таблиці по горизонталі розміщені літери, кожна з яких – перша літера прізвища студента. По вертикалі розміщені цифри, кожна з яких – остання цифра номера залікової книжки студента. На перетині вертикальної та горизонтальної ліній визначаються номери завдань (таблиця 1).

**Таблиця 1 - Таблиця вибору завдання домашньої роботи**

	A	Перша літера прізвища студента			
	Б	А Б В Г Д Е Є Ж	З И І Й К Л М	Н О П Р С Т У Ф	Х Ц Ч Ш Щ Ю Я
Остання цифра номера залікової книжки	1	1	2	3	4
	1	5	6	7	8
	2	9	10	11	12
	3	13	14	15	1
	4	2	3	4	5
	5	6	7	8	9
	6	10	11	12	13
	7	14	15	1	2
	8	3	4	5	6
9	7	8	9	10	

При виконанні індивідуального домашнього завдання студенти повинні користуватися відповідними рекомендованими підручниками, навчальними посібниками, матеріалами галузевих і періодичних видань.

### **Орієнтована тематика індивідуального завдання для самостійної роботи студентів**

1. Сучасні тенденції програмно-конфігурованого радіо.
2. Аналіз структури RTL-SDR.
3. Прийомо-передавач з нульовою поміжною частотою.
4. Квадратурна модуляція
5. Компенсація частотного зсуву при квадратурній демодуляції.
6. Сигнали та спектри в комплексній формі.
7. Фазова автопідстройка частоти.
8. Передавальна характеристика цифрової ФАПЧ.
9. Дуплексні фільтри (антенні комутатори).
10. Фільтри проміжної частоти. Активні фільтри.
11. Поліфазні та комплексні фільтри.
12. Схемотехніка малошумних підсилювачів та фільтрів-преселекторів.
13. Синтезатори частоти.
14. Передавач з передспотвореннями у baseband-діапазоні.
15. Широкопasmові підсилювачі потужності.

16. Програмне забезпечення засобів програмно-конфігурованого радіо.
17. Достовірність приймання. Модель радіоканалу.
18. Автоматичне регулювання підсилення.
19. Оптимальний частотний детектор.
20. Оптимальний некогерентний фазовий детектор.

Рекомендований обсяг індивідуального домашнього завдання складає від 25 сторінок друкованого тексту (крім додатків). Для більшої наочності рекомендується широко використовувати таблиці та графічний матеріал – графіки, діаграми з обов'язковими поясненнями до них. Індивідуальне домашнє завдання має бути оформлене згідно вимог стандартів Хмельницького національного університету:

- Текстові документи. Загальні вимоги СОУ 207.01:2017/Ю.М. Бойко, Г.В. Красильнікова, Л.І. Першина, Т.Ф. Косянчук. т- Хмельницький : ХНУ, 2017. - 45 с.;

- Бібліографічний запис. Загальні вимоги та правила складання. СОУ 207.02:2017 /Ю.М. Бойко, Л.І. Першина. Хмельницький: ХНУ, 2017. - 37 с.

#### **4. ТЕХНОЛОГІЇ НАВЧАННЯ**

Процес навчання з дисципліни ґрунтується на використанні традиційних та сучасних методів. Зокрема, лекції проводяться в основному словесними методами, а лабораторні заняття проводяться з використанням інформаційних технологій, практикумів і мають за мету – набуття студентами практичних навичок аналізу різноманітних характеристик (перехідних, імпульсних, спектральних, констеляційних) і типових кіл підсистем програмно-конфігурованого радіо (цифрових фільтрів, інтерполяторів, дециматорів, пристроїв передискретизації).

#### **5. МЕТОДИ КОНТРОЛЮ**

Поточний контроль здійснюється під час лекційних та лабораторних занять, а також у дні проведення контрольних заходів, встановлених робочим планом дисципліни. Семестровий контроль проводиться у формі іспиту. При цьому при виведенні остаточної оцінки враховуються результати поточного контролю.

Процес оцінювання підготовленості студента можна розділити на етапи:

Перший етап оцінювання направлений на визначення знань інформаційного мінімуму. Якщо студент твердо засвоїв визначену навчальним планом суму формальних знань, то це означає, що він вміє використати їх при вирішенні різних питань при аналізі процесів і проходженні їх через різноманітні системи та підсистеми програмно-конфігурованого радіо.

Перед вивченням дисципліни, як правило, проводиться вхідний контроль знань з дисциплін, що їй передують і забезпечують. При цьому необхідно встановити рівні та критерії сформованості знань щодо змісту навчальних елементів. Такими рівнями є:

Ознайомчо-орієнтовний (ОО) – особа має орієнтовне уявлення щодо понять, які вивчаються, здатна: відтворювати формулювання визначень різноманітних процесів, що використовуються в системах програмно-обумовленого радіо, орієнтуватись в методиках розрахунку підсистем програмно-обумовленого радіо.

Понятійно-аналітичний (ПА) – особа має чітке уявлення щодо навчального об'єкту, здатна здійснювати смислове виділення, пояснення вихідних процесів у системах та пристроях програмно-обумовленого радіо. Може чітко визначити спрощення, які були використані при аналізі і оцінити похибки, що виникають при цьому, тобто здатна перенести раніше засвоєні знання на типові ситуації.

Продуктивно-синтетичний (ПС) – особа має глибоке розуміння щодо навчального об'єкту, здатна здійснювати синтез, генерувати нові ідеї та уявлення, переносити раніше засвоєні знання на нетипові, нестандартні ситуації. Тобто на цьому рівні студент повинен



на основі теоретичних знань вміти досліджувати нетипові кола, оцінювати їх вихідний сигнал і можливі обмеження.

## 6. ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ СТУДЕНТІВ У СЕМЕСТРІ

Кожний вид роботи з дисципліни оцінюється за чотирибальною шкалою. Семестрова підсумкова оцінка визначається як середньозважена з усіх видів навчальної роботи, виконаних і зданих позитивно з урахуванням коефіцієнта вагомості. Вагові коефіцієнти змінюються залежно від структури дисципліни і важливості окремих видів її робіт.

Оцінювання знань студентів здійснюється за такими критеріями:

Оцінка за національною шкалою	Узагальнений критерій
Відмінно	Студент глибоко і у повному обсязі опанував зміст навчального матеріалу, легко в ньому орієнтується і вміло використовує понятійний апарат; уміє пов'язувати теорію з практикою, вирішувати практичні завдання, впевнено висловлювати і обґрунтовувати свої судження. Відмінна оцінка передбачає грамотний, логічний виклад відповіді (як в усній, так і у письмовій формі), якісне зовнішнє оформлення роботи. Студент не вагається при видозміні запитання, вміє робити детальні та узагальнюючі висновки. При відповіді допустив дві–три несуттєві похибки.
Добре	Студент виявив повне засвоєння навчального матеріалу, володіє понятійним апаратом, орієнтується у вивченому матеріалі; свідомо використовує теоретичні знання для вирішення практичних задач; виклад відповіді грамотний, але у змісті і формі відповіді можуть мати місце окремі неточності, нечіткі формулювання закономірностей тощо. Відповідь студента має будуватися на основі самостійного мислення. Студент у відповіді допустив дві–три несуттєві помилки.
Задовільно	Студент виявив знання основного програмного матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання та практичної діяльності за професією, справляється з виконанням практичних завдань, передбачених програмою. Як правило, відповідь студента будується на рівні репродуктивного мислення, студент має слабкі знання структури курсу, допускає неточності і суттєві помилки у відповіді, вагається при відповіді на видозмінене запитання. Разом з тим набув навичок, необхідних для виконання нескладних практичних завдань, які відповідають мінімальним критеріям оцінювання і володіє знаннями, що дозволяють йому під керівництвом викладача усунути неточності у відповіді.
Незадовільно	Студент виявив розрізнені, безсистемні знання, не вміє виділяти головне і другорядне, допускається помилок у визначенні понять, перекручує їх зміст, хаотично і невпевнено викладає матеріал, не може використовувати знання при вирішенні практичних завдань. Як правило, оцінка "незадовільно" виставляється студенту, який не може продовжити навчання без додаткової роботи з вивчення дисципліни.

### Структурування дисципліни за видами робіт і оцінювання результатів навчання студентів денної форми навчання у 1 семестрі за ваговими коефіцієнтами

Аудиторна робота	Самостійна, індивідуальна робота	Семестровий контроль	
<b>I семестр</b>			
Захист лабораторних робіт:	Розв'язок тестових та завдань	Контрольна робота	Підсумковий контрольний захід

		TK1	TK2	KP	
ВК:	0,20	0,15		0,25	0,4

Умовні позначення: ВК – ваговий коефіцієнт

Для переходу від вітчизняної оцінки до оцінки за шкалою ECTS необхідно знайти середньоарифметичну оцінку за вітчизняною шкалою, помножити її на відповідний ваговий коефіцієнт і, додавши всі складові, отримати суму балів, яка визначить конкретну оцінку за шкалою ECTS.

**Таблиця 2 -Співвідношення вітчизняної шкали оцінювання і шкали оцінювання ECTS**

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

При оцінюванні знань студентів використовуються різні засоби контролю, зокрема: усне опитування перед допуском до виконання лабораторної роботи – здійснюється на її початку; засвоєння теоретичного матеріалу з тем перевіряється тестовим контролем; якість виконання, набуття теоретичних знань і практичних навичок перевіряється шляхом захисту кожної лабораторної роботи та індивідуального завдання згідно з робочою програмою дисципліни і робочим навчальним планом.

Оцінка, яка виставляється за лабораторне заняття, складається з таких елементів: усне опитування студентів перед допуском до виконання лабораторної роботи; знання теоретичного матеріалу з теми; якість оформлення протоколу і графічної частини; вміння студента обґрунтувати прийняті конструктивні рішення; своєчасний захист лабораторної роботи.

Термін захисту лабораторної роботи вважається своєчасним, якщо студент захистив її на наступному після виконання роботи занятті. За несвоєчасний захист лабораторної роботи з неповажної причини студент за позитивну відповідь отримує оцінку «задовільно».

Пропущене лабораторне заняття студент повинен відпрацювати в лабораторіях кафедри у встановлений викладачем термін з реєстрацією у відповідному журналі кафедри, але не пізніше, ніж за два тижні до кінця теоретичних занять у семестрі.

### **Оцінювання тестових завдань**

Тематичний тест для кожного студента складається з 25 тестових завдань, кожне з яких оцінюється одним балом. Максимальна сума балів, яку може набрати студент, складає 25.

Оцінювання здійснюється за чотирибальною шкалою.

Відповідність набраних балів за тестове завдання оцінці, що виставляється студенту, представлена у нижченаведеній таблиці.

Сума балів за тестове завдання	1–13	14–16	17–22	23–25
Оцінка за 4-ри бальною шкалою	2	3	4	5

Якщо відповідь на тестове завдання має 2-3 правильних значення, а студент зумів вказати частину з них, то сума балів у цьому випадку буде пропорційна кількості правильних відповідей. Наприклад, у завданні має бути три правильних відповіді, а студент вказав лише дві з них, тоді він отримує за тестове завдання два бали з трьох.

На тестування відводиться 20 хвилин. Правильні відповіді студент записує у талоні відповідей. При цьому усі графи для відповідей повинні бути заповнені цифрами, що відповідають правильним, на погляд студента, відповідям. Через 20 хвилин студенти здають викладачу завдання з талонами відповідей. Викладач на наступному занятті оголошує результати тестування.

Якщо студент отримав негативну оцінку, то він повинен перездати її у встановленому порядку, але обов'язково до терміну наступного контролю. У випадку, коли студент не виконав індивідуальний план з дисципліни у заплановані терміни без поважних причин, то під час відпрацювання заборгованості при позитивній відповіді йому виставляється оцінка „задовільно/ E”.

### Талон відповідей

на тему \_\_\_\_\_  
Студента гр. \_\_\_\_\_

Номер завдання	Відповідь	Номер завдання	Відповідь	Номер завдання	Відповідь	Номер завдання	Відповідь
1		6		11		16	
2		7		12		17	
3		8		13		18	
4		9		14		19	
5		10		15		20	

“ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

\_\_\_\_\_ підпис студента

## 7. ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ ЗДОБУТИХ СТУДЕНТАМИ ЗНАНЬ

1. Основи програмно-конфігурованого радіо.
2. Еволюція радіостанцій програмно-конфігурованого радіо.
3. Архітектура радіостанцій програмно-конфігурованого радіо
4. Сучасні тенденції застосування програмно-конфігурованого радіо.
5. Параметри радіостанції програмно-конфігурованого радіо.
6. Ідеальна радіостанція програмно-конфігурованого радіо.
7. Перетворення спектру сигналів.
8. Приймач програмно-конфігурованого радіо.
9. Приймач з нульовою та ненульовою проміжною частотою.
10. Передавач програмно-конфігурованого радіо.
11. Синтезатор частоти.
12. Антенно-фідерні пристрої програмно-конфігурованих радіосистем.
13. Широкопasmові кола узгодження.
14. Частотно-незалежні антени та дуплексори.
15. Програмна підтримка обладнання програмно-конфігурованого радіо.
16. Радіостанція програмно-конфігурованого радіо.
17. Фільтри проміжної частоти та активні фільтри на операційних підсилювачах.
18. Поліфазні та комплексні фільтри.
19. Операційні підсилювачі. Схеми включення.
20. Змішувачі. Пасивні та активні змішувачі.
21. Квадратурні модулятори. Спотворення сигналів та принципи формування сигналів.
22. Квадратурні демодулятори.
23. Цифрові перетворення в тракті програмно-конфігурованого радіо: дискретизація, квантування, АЦП, ЦАП.
24. Радіочастотні модулі програмно-конфігурованого радіо.
25. Малощумні підсилювачі та фільтри преселектори.
26. Синтезатори частоти з колом ФАПЧ.
27. Лінеаризовані підсилювачі потужності. Нелінійні спотворення у підсилювачі.
28. Передавач програмно-конфігурованого радіо з передспотвореннями.
29. Широкопasmові підсилювачі потужності.
30. Широкопasmові антени.
31. Оцінка шумових параметрів систем програмно-конфігурованого радіо.
32. Автоматичні регулювання приймального пристрою програмно-конфігурованого радіо.
33. Коригування асиметрії каналів пристрою програмно-конфігурованого радіо.
34. Оптимальний некогерентний частотний детектор.

35. Оптимальний некогерентний фазовий детектор.
36. Особливості тактової синхронізації програмно-конфігурованого радіо.
37. Програмне забезпечення приймача програмно-конфігурованого радіо.
38. Статичні та астатичні помилки ФАПЧ.
39. Аналіз роботи цифрової ФАПЧ.
40. Узгодження і фільтрація багатопозиційних сигналів ФМ-4, КАМ.

## **8. МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

Навчальний процес з дисципліни «Програмно-конфігуровані системи передавання, приймання та обробки інформації» повністю і в достатній кількості забезпечений необхідною навчально-методичною літературою. Зокрема:

1. Бойко Ю.М. Програмно-конфігуровані системи передавання, приймання та обробки інформації: монографія /Ю. М. Бойко, Л. В. Карпова, О.І. Полікаровських, В.П. Ткачук. – Хмельницький : ХНУ, 2023. – 317с.
2. Шинкарук О.М. Приймання та оброблення сигналів: навч. посібник /О.М. Шинкарук, В.І. Правда, Ю.М. Бойко. – Хмельницький: ХНУ, 2013. – 365 с.
3. Бойко Ю. М. Теоретичні аспекти підвищення завадостійкості й ефективності обробки сигналів в радіотехнічних пристроях та засобах телекомунікаційних систем за наявності завад : монографія / Ю. М. Бойко, В. А. Дружинін, С. В. Толюпа. - Київ : Логос, 2018. - 227 с.
4. Бойко Ю.М. Науково-прикладні питання забезпечення роздільної здатності і ефективності обробки сигналів у радіотехнічних та телекомунікаційних системах за наявності завад : монографія / Ю. М. Бойко, О. М. Шинкарук, Л. В. Карпова, І. І. Чесановський. – Хмельницький : ХНУ, 2019. – 218 с.
5. Шинкарук О.М. Основи функціонування багатоканальних систем передачі інформації. навч. посібник /О.М. Шинкарук, Ю.М. Бойко, І.І. Чесановський. – Хмельницький: ХНУ, 2011. – 231 с.
6. Бойко Ю. М. Генерування та формування сигналів : метод. вказівки /Ю. М. Бойко, В. В. Мишан. – Хмельницький : ХНУ, 2011 – 85 с.
7. Бойко Ю. М. Генерування та формування сигналів : лаб. практикум / Ю. М. Бойко. – Хмельницький : ХНУ, 2016. – Ч.1. – 89 с
8. Бойко Ю.М. Приймання та оброблення сигналів : методичні вказівки до виконання курсового проекту для студентів напрямів підготовки “Радіотехніка” та “Телекомунікації” / Ю. М. Бойко, Д. А. Макаришкін. – Хмельницький : ХНУ, 2015. – 151 с.
9. Бойко Ю.М. Приймання та оброблення сигналів : методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів спеціальності “Телекомунікації та радіотехніка” / Ю. М. Бойко. – Хмельницький : ХНУ, 2017. – 39 с

## **9. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА**

### **Рекомендована основна література:**

1. Бойко Ю.М. Програмно-конфігуровані системи передавання, приймання та обробки інформації: монографія /Ю. М. Бойко, Л. В. Карпова, О.І. Полікаровських, В.П. Ткачук. – Хмельницький : ХНУ, 2023. – 317с.
2. Шинкарук О.М. Приймання та оброблення сигналів: навч. посібник /О.М. Шинкарук, В.І. Правда, Ю.М. Бойко. – Хмельницький: ХНУ, 2013. – 365 с.
3. Бойко Ю. М. Теоретичні аспекти підвищення завадостійкості й ефективності обробки сигналів в радіотехнічних пристроях та засобах телекомунікаційних систем за наявності завад : монографія / Ю. М. Бойко, В. А. Дружинін, С. В. Толюпа. - Київ : Логос, 2018. - 227 с.
4. Бойко Ю.М. Науково-прикладні питання забезпечення роздільної здатності і ефективності обробки сигналів у радіотехнічних та телекомунікаційних системах за наявності завад : монографія / Ю. М. Бойко, О. М. Шинкарук, Л. В. Карпова, І. І.

Чесановський. – Хмельницький : ХНУ, 2019. – 218 с.

5. Горбатий І.В. Телекомунікаційні системи та мережі : навчальний посібник / І.В. Горбатий, А.П. Бондарев. – Львів: Львівська політехніка, 2016 - 336 с.

#### **Додаткова література:**

1. Телекомунікаційні системи та мережі : навчальний посібник / А.Г. Микитишин, М.М. Митник, П.Д. Стухляк – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017 – 384 с.

2. Jayaweera S.K. The Cognitive Radio / S.K. Jayaweera. – New York : Wiley Telecom, 2015, pp. 27-41.

3. Grayver E. Implementing Software Defined Radio / E. Grayver. - New York : Springer, 2013, 267 p.

4. Sklar B. Digital communications. Fundamentals and Applications / B. Sklar. - New Jersey : Prentice Hall P T R, 2021. - 1011 p.

#### **10. ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ**

1. Модульне середовище для навчання (розміщені усі необхідні матеріали з дисципліни, в тому числі тестові завдання для поточного та семестрового контролю знань). <http://msn.tup.km.ua/> .

2. Електронна бібліотека університету <http://library.tup.km.ua/>

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