

Міністерство освіти і науки України  
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського  
“Харківський авіаційний інститут”

Кафедра Аерокосмічних радіоелектронних систем» (№501)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Керівник проектної групи

  
(підпис)

В.В. Павліков

(ініціали та прізвище)

« 29 » 08 2019 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ  
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Програмовані системи передачі, прийому та обробки сигналів**

( назва навчальної дисципліни)

**Галузі знань:** 17 “Електроніка та телекомунікації”

(шифр і найменування галузі знань)

**Спеціальність:** 172 “Телекомунікації та радіотехніка”

(код та найменування спеціальності)

**Освітня програма:** “Радіоелектронні пристрої, системи та комплекси”

(найменування спеціалізації)

**Форма навчання:** денна

**Рівень вищої освіти:** перший (бакалаврський)

**Харків 2019 рік**

Робоча програма «Програмовані системи передачі, прийому та обробки сигналів»

для студентів за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка»  
освітньою програмою «Радіоелектронні пристрої, системи та комплекси»

« 28 » 06 2019 р., - 13 с.

Розробник: к.т.н., доцент, проф. к.501 Шульгін В.І.

(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)

  
(підпис)

Робочу програму розглянуто і погоджено на засіданні кафедри  
«Аерокосмічних радіоелектронних систем».

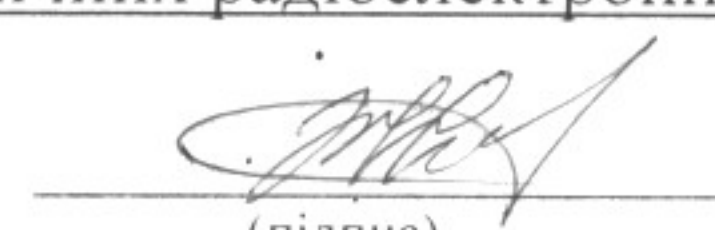
(назва кафедри)

Протокол № 11/18-19 від « 27 » 08 2019 \_\_\_\_\_ р.

Завідувач кафедри «Аерокосмічних радіоелектронних систем».

К.Т.Н.

(науковий ступінь та вчене звання)

  
(підпис)

Жила С.С.

(прізвище та ініціали)

## 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни
		Денна форма навчання
Кількість кредитів – 5	<b>Галузь знань</b> <u>17 “Електроніка та телекомунікації”</u> (шифр і назва)	Цикл професійної підготовки за вибором
Кількість модулів – 3		<b>Навчальний рік:</b>
Змістових модулів – 3		
Індивідуальне завдання <u>розрахункова робота</u> (назва)	<b>Спеціальність</b> <u>172 “Телекомунікації та радіотехніка”</u> (шифр і назва)	2019/2020
		<b>Семестр</b>
		<b>7-й</b>
Загальна кількість годин – 225 Кількість годин аудиторних занять/загальна кількість годин – 104/225	<b>Освітня програма</b> <u>“Радіоелектронні пристрої, системи та комплекси”</u>	<b>Лекції <sup>1)</sup></b>
		48 годин
Кількість тижневих годин для денної форми навчання:  аудиторних – 6,5  самостійної роботи студента – 7,6	<b>Рівень вищої освіти:</b> перший <u>(бакалаврський)</u>	<b>Практичні, семінарські <sup>1)</sup></b>
		24 години
		<b>Лабораторні <sup>1)</sup></b>
		32 години
		<b>Самостійна робота</b>
		121 година
		<b>Вид контролю</b>
		Модульний контроль, іспит

### Примітка

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: для денної форми навчання - 104/121

<sup>1)</sup>Аудиторне навантаження може бути збільшене або зменшене на одну годину в залежності від розкладу занять.

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета вивчення** – Метою вивчення дисципліни «Програмовані системи передачі, прийому, та обробки сигналів» є придбання студентами наступних спеціальних знань і вмінь використовувати їх у своїй практичній роботі: призначення і структура радіотехнічних систем вимірювального і зв'язкового типу, місце і функції радіо передавальних і радіоприймальних пристроїв в цих системах, теорія та побудова традиційних радіо передавальних пристроїв, структура, технічні характеристики, особливості проектування блоків традиційних радіоприймальних пристроїв, програмна реалізація основних функцій радіо передавальних і радіоприймальних пристроїв (SDR).

**Завдання:** вивчення загальної теорії і формування вмінь практичного володіння навичками проектування та застосування традиційних та програмно реалізованих радіо передавальних і радіоприймальних пристроїв.

**Результати навчання:** У результаті освоєння матеріалу дисципліни «Програмовані системи передачі, прийому, та обробки сигналів» студент повинний

**знати:**

- призначення і структуру радіотехнічних систем вимірювального і зв'язкового типу, місце і функції радіо передавальних і радіоприймальних пристроїв в таких системах;
- традиційну архітектуру побудови і функціональну схему передавача, основні технічні вимоги до передавальних пристроїв;
- принципи авто генерації гармонійних коливань (АГ), умови самозбудження, стаціонарний режим АГ, схеми автогенераторів, вимоги до стабільності частоти АГ, умови забезпечення високої стабільності частоти;
- види коливальних систем (КС), еквівалентні електричні схеми кварцового резонатора (КР), характеристики КР, схеми кварцових генераторів;
- принцип дії і основні технічні характеристики синтезаторів сітки частот, структурні схеми синтезаторів;
- високочастотні підсилювачі потужності (ПП), та помножувачі частоти (ПЧ);
- аналогові (АМ, ЧМ, ФМ, ОБП) і цифрові (АМн, ЧМн, ФМн, QPSK, O-QPSK, M-ASK, M-PSK, КАМ, OFDM) методи модуляції в системах зв'язку, схеми модуляторів;
- функції радіоприймальних пристроїв, структурні схеми приймачів: прямого посилення, супергетеродинного і прямого перетворення, основні технічні показники радіоприймачів;
- вхідні ланцюги і підсилювачі радіосигналів, принципи побудови малошумних підсилювачів ВЧ та НВЧ, принципи перетворення частоти, гетеродини в перетворювачах частоти;
- принципи оптимального прийому неперервних і дискретних сигналів, критерії якості прийому, структурні схеми і методи реалізації оптимальних приймачів, демодулятори аналогових (АМ, ЧМ, ФМ, ОЧП) та цифрових (АМн, ЧМн, ФМн, QPSK, O-QPSK, M-ASK, M-PSK, КАМ, OFDM) сигналів;
- принципи програмно визначеного радіо (SDR – software defined radio);
- програмне забезпечення для конфігурації SDR-приймачів і їх використання для прийому радіосигналів;

**вміти:**

- визначати оптимальний спосіб передачі інформації і необхідну структуру системи;
- визначати необхідні характеристики дискретизації і квантування неперервних повідомлень, оцінювати величину помилок;
- вибирати спосіб модуляції, оптимальний метод прийому сигналів, структуру оптимального приймача й оцінювати якість прийому повідомлення;
- користуватися методиками інженерного розрахунку основних каскадів РПП та довідковою літературою з радіо компонентів, що використовуються;
- використовувати математичні методи аналізу властивостей алгоритмів цифрової обробки сигналів в програмно-визначених радіосистемах;
- використовувати обчислювальну техніку для вирішення задач моделювання радіотехнічних процесів в програмно-визначених радіосистемах.

**Міждисциплінарні зв'язки:** дисципліни, що забезпечують - елементна база радіоелектроніки, аналогові електронні пристрої, комп'ютерна схемотехніка, сигнали та процеси в радіотехніці, цифрова обробка сигналів; дисципліни, які є забезпечуваними: радіотехнічні системи, системи радіозв'язку.

### **3. Програма навчальної дисципліни**

**Змістовний модуль №1. Радіо передавальні пристрої в системах зв'язкового і вимірювального типу.**

**ТЕМА 1. Призначення і структура радіотехнічних систем** вимірювального і зв'язкового типу, місце і функції радіо передавальних і радіоприймальних пристроїв в таких системах. Класифікація радіо передавальних пристроїв (РПП), функціональна схема сучасного передавача, основні технічні вимоги, що ставляться до передавальних пристроїв.

**ТЕМА 2. Збуджувачі РПП.** Автогенератор гармонійних коливань (АГ), умови самозбудження, узагальнена три точкова схема АГ. Вимоги до стабільності частоти АГ, короткочасна і довгострокова нестабільність частоти, як міри якості радіосигналу, основні дестабілізуючі чинники і їх вплив на частоту АГ. Збуджувачі плавного діапазону, методи перестройки частоти. Карцові АГ. Види коливальних систем (КС), кварц як електромеханічна КС, еквівалентна електрична схема кварцового резонатора (КР), характеристики і схеми кварцових генераторів.

**Тема 3. Синтезатори сітки частот.** Принцип дії і основні технічні характеристики синтезаторів сітки частот прямого і непрямого синтезу, області застосування і структурні схеми синтезаторів, цифрові синтезатори частоти.

**Тема 4. Підсилювачі потужності (ПП), та помножувачі частоти (ПЧ) в РПП.** Високочастотні та СВЧ підсилювачі потужності (ПП), режими роботи ПП, ланцюги узгодження ПП з навантаженням, фільтрація вищих гармонік, додавання потужностей в ПП, помножувачі частоти (ПЧ).

**ТЕМА 5. Модуляція в системах измерительного и связного типа.** Основні цифрові методи модуляції (АМн, ЧМн, ФМн, QPSK, M-ASK, M-PSK, КАМ, OFDM). Формування, сигнал, сигнальне сузір'я, спектр. Схеми модуляторів.

**ТЕМА 6. Передавальні пристрої систем з ШШС** (широкосмуговими шумоподібними сигналами).

**Модульний контроль.**

## **Змістовний модуль №2. Радіоприймальні пристрої систем цифрового зв'язку.**

**ТЕМА 7. Функції і класифікація радіоприймальних пристроїв**, структурні схеми приймачів: прямого посилення, супергетеродинного і цифрового, основні експлуатаційно-технічні показники радіоприймачів, параметри, що характеризують роботу радіоприймальних пристроїв;

**ТЕМА 8. Вхідні ланцюги і підсилювачі радіосигналів.** Функції, характеристики і побудова вхідних ланцюгів радіоприймальних пристроїв. Підсилювачі радіосигналів, призначення і основні характеристики підсилювачів радіосигналів, принципи побудови малошумних підсилювачів ВЧ та НВЧ.

**ТЕМА 9. Перетворювання частоти в радіоприймальних пристроях.** Супергетеродини приймачі з однократним та двійним перетворенням, гетеродини в перетворювачах частоти. Підсилювачі і фільтри проміжної частоти. Багато частотна вибірковість.

**ТЕМА 10. Принципи оптимального прийому неперервних і дискретних сигналів.** Критерії якості прийому, структурні схеми і методи реалізації оптимальних приймачів. Демодулятори цифрових (АМн, ЧМн, ФМн, QPSK, М-ASK, М-PSK, КАМ, OFDM) сигналів.

**ТЕМА 11. Приймальні пристрої ШПС.** Погоджений і кореляційний прийом. Синхронізація в системах с ШПС.

### **Модульний контроль.**

## **Змістовний модуль №3. Принципи програмно-визначаемого радіо (SDR).**

**ТЕМА 12. Програмно визначаєме радіо (software defined radio).** Типові структурні схеми SDR- приймачів. Цифрові приймачі з програмної і апаратної обробкою і нульовою ПЧ: SDR-приймачі і DSP-приймачі, приклади конкретних приймачів і їх структура;

**ТЕМА 13. Дискретизація сигналів.** Накладення спектрів (елайзінг). Анти-елайзінгова фільтрація. Негативні частоти в спектрі сигналу. Реальні і комплексні сигнали. Аналого-цифрове і цифро-аналогове перетворення в SDR системах.

**ТЕМА 14. Апаратні засоби SDR систем.**

**ТЕМА 15. Програмне забезпечення** для конфігурації SDR-приймачів і їх використання для прийому радіосигналів, структура типового цифрового приймача на базі готових DSP-мікросхем, аналоговий попередній каскад (Преселектор), цифровий квадратура гетеродин, програмне забезпечення для конфігурації і використання DSP-приймачів.

### **Модульний контроль.**

#### 4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	Усього	У тому числі			
		л	п	лаб.	с. р.
1	2	3	4	5	6
<b>Модуль 1</b>					
<b>Змістовий модуль 1. Радіо передавальні пристрої.</b>					
Тема 1. Функції радіо передавальних і радіоприймальних пристроїв в системах вимірювального і зв'язкового типу. Класифікація радіо передавальних пристроїв	4	2	–	–	2
Тема 2. Збуджувачі РПП. Автогенератор гармонійних коливань (АГ), збуджувачі плавного діапазону, кварцові АГ.	14	2	2	4	6
Тема 3. Синтезатори сітки частот прямого і непрямого синтезу, області структурні схеми синтезаторів, цифрові синтезатори частоти.	12	4	2	–	6
Тема 4. Підсилювачі потужності (ПП), та помножувачі частоти (ПЧ) в РПП.	12	2	2	2	6
Тема 5. Модуляція в системах измерительного и связного типа. Основні аналогові та цифрові методи модуляції	20	4	-	6	10
Тема 6. Передавальні пристрої систем з ШПС	12	2	2	-	8
Разом за змістовим модулем 1	74	16	8	12	38
<b>Змістовий модуль 2. Радіоприймальні пристрої.</b>					
Тема 7. Функції і класифікація радіоприймальних пристроїв, структурні схеми і параметри, що характеризують роботу радіоприймальних пристроїв.	12	2	2	–	8
Тема 8. Вхідні ланцюги і підсилювачі радіосигналів. МШУ.	16	2	2	4	8
Тема 9. Перетворювання частоти в радіоприймальних пристроях. Підсилювачі і фільтри проміжної частоти.	16	4	2	–	10
Тема 10. Принципи оптимального прийому неперервних і дискретних сигналів. Демодулятори аналогових та цифрових сигналів.	18	4	2	4	8
Тема 11. Приймальні пристрої ШПС.	12	4	–	–	8
Разом за змістовим модулем 2	74	16	8	8	42
<b>Змістовий модуль 3. Радіосистеми які визначаються програмно.</b>					
Тема 12. Програмно визначає радіо (software defined radio). Типові структурні схеми SDR- приймачів.	14	4	2	–	8
Тема 13. Дискретизація сигналів в SDR. Накладення спектрів (елайзінг). Реальні і комплексні сигнали. Аналого-цифрове і цифро-аналогове перетворення в SDR системах.	16	4	2	2	8

Тема 14. Апаратні засоби SDR систем.	22	4	2	6	10
Тема 15. Програмне забезпечення для конфігурації SDR-приймачів і їх використання для прийому радіосигналів	18,5	4	2	4	8,5
Разом за змістовим модулем 3	70,5	16	8	12	34,5
Розрахункова робота					6,5
<b>Контрольний захід</b>					
<b>Усього годин</b>	<b>225</b>	<b>48</b>	<b>24</b>	<b>32</b>	<b>121</b>

### 5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Семінарських занять не передбачено	
	<b>Разом</b>	

### 6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кільк. годин
1	Збуджувачі РПП. Автогенератор гармонійних коливань (АГ), кварцові АГ.	4
2	Цифрові синтезатори частоти.	2
3	Підсилювачі потужності, та помножувачі частоти	2
4	Передавальні пристрої систем з ШШС	2
5	Класифікація, структурні схеми і параметри, радіоприймальних пристроїв	2
6	Вхідні ланцюги і підсилювачі радіосигналів. МШУ.	2
7	Перетворювання частоти в радіоприймальних пристроях.	2
8	Оптимальний прийом неперервних і дискретних сигналів	2
9	SDR. Типові структурні схеми SDR- приймачів.	2
10	Дискретизація сигналів в SDR. Реальні і комплексні сигнали. АЦП і ЦАП в SDR системах.	2
11	Апаратні засоби SDR систем.	2
12	Програмне забезпечення для конфігурації SDR-приймачів	2
	<b>Разом</b>	<b>24</b>

### 7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Моделювання роботи автогенератора гармонійних коливань в пакеті ORCAD PSPICE	4
2	Моделювання роботи підсилювача потужності, та помножувача частоти в пакеті ORCAD PSPICE	2
3	Моделювання основних аналогових та цифрових методів модуляції в SIMULINK MATLAB	6



4	Моделювання роботи та оптимізація параметрів вхідних ланцюгів, підсилювачів радіосигналів і МШУ в пакеті ORCAD PSPICE	4
5	Прийом сигналів з різними методами аналогової і цифрової модуляції. Дослідження з використанням пакета SIMULINK MATLAB	4
6	Особливості роботи з комплексними сигналами. Спектр реального і комплексного сигналу. Моделювання в SIMULINK MATLAB	2
7	Апаратні засоби SDR систем. Робота з приймачами RTL-SDR та AIRSPY	6
8	Програмне забезпечення для конфігурації SDR-приймачів і їх використання для прийому радіосигналів. Робота з SDR#.	4
	<b>Разом</b>	<b>32</b>

### 8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Призначення і структура радіотехнічних систем вимірювального і зв'язкового типу, архітектура побудови і функціональна схема сучасного передавача, основні технічні вимоги, що ставляться до передавальних пристроїв. (Тема 1)	2
2	Збуджувачі РПП. Автогенератор гармонійних коливань (АГ), збуджувачі плавного діапазону, кварцові АГ. (Тема 2)	6
3	Цифрові синтезатори частоти. (Тема 3)	6
4	Підсилювачі потужності (ПП), та помножувачі частоти (ПЧ) в РПП. (Тема 4)	6
5	Модуляція. Основні аналогові та цифрові методи модуляції (Тема 5)	10
6	Системи з ШПС. (Тема 6).	8
7	Структурні схеми і параметри радіоприймальних пристроїв. Вхідні ланцюги і підсилювачі радіосигналів. МШУ. (Теми 7, 8)	16
8	Перетворювання частоти в радіоприймальних пристроях. Підсилювачі і фільтри проміжної частоти. (Тема 9).	10
9	Оптимальний прийом неперервних і дискретних сигналів. Прийом ШПС. (Теми 10, 11)	16
10	Принципи програмно визначаемого радіо (software defined radio). Типові структурні схеми SDR- приймачів (Тема 12)	8
11	Аналого-цифрове і цифро-аналогове перетворення в SDR системах. Апаратні засоби SDR систем. (Теми 13, 14)	18
12	Програмне забезпечення для конфігурації SDR-приймачів і їх використання для прийому радіосигналів (Тема 15).	8,5
13	Виконання РР	6,5
	<b>Разом</b>	<b>121</b>

## 9. Індивідуальні завдання

1. Робота на тему: Конфігурація приймальні системи на основі SDR приймача RTL-SDR, прийом і декодування сигналів метеосупутника NOAA в форматі APT.
2. Робота на тему: Конфігурація приймальні системи на основі SDR приймача RTL-SDR, прийом і декодування сигналів літакових вторинних радіолокаторів ADS-B.

## 10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних занять, індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники), проведення олімпіад.

## 11. Методи контролю

Проведення поточного контролю, письмового модульного контролю, фінальний контроль у вигляді іспитів.

## 12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

12.1. Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
<b>Змістовний модуль 1</b>			
Робота на лекціях	0.5	8	4
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	5	3	15
Модульний контроль	10	1	10
<b>Змістовний модуль 2</b>			
Робота на лекціях	0.5	8	4
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	5	2	10
Модульний контроль	10	1	10
<b>Змістовний модуль 3</b>			
Робота на лекціях	0.5	8	4
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	5	3	15
Виконання і захист РГР (РР, РК)	18	1	18
Модульний контроль	10	1	10
<b>Усього за семестр</b>			<b>100</b>

Семестровий контроль (іспит/залік) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту/заліку. Під час складання семестрового іспиту/заліку студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту/заліку складається з 3-х запитань (теоретичних та практичних), максимальна кількість балів за перше питання – 40 балів, за друге і третє питання – по 30 балів.

## 12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

**Задовільно (60-74).** Показати мінімум знань та умінь. Захистити всі індивідуальні завдання та здати тестування. Знати: класифікацію передавальних пристроїв (РПП), функціональну схему передавача, основні технічні вимоги, що ставляться до передавальних пристроїв, умови самозбудження автогенераторів, триточкові схеми АГ, еквівалентну електричну схему кварцового резонатора (КР), характеристики і схеми кварцових генераторів, принцип дії і основні технічні характеристики синтезаторів сітки частот прямого і непрямого синтезу, знати основні цифрові методи модуляції. Вміти: моделювати в PSpice триточкові схеми АГ, з використанням Simulink моделювати основні цифрові методи модуляції. Знати структурні схеми приймачів: прямого посилення, супергетеродинного і цифрового, параметри, що характеризують роботу радіоприймальних пристроїв; принципи оптимального прийому неперервних і дискретних сигналів.

**Добре (75-89).** Твердо знати мінімум, захистити всі індивідуальні завдання, виконати всі КР, здати тестування та поза аудиторну самостійну роботу. Знати функції, характеристики і побудову вхідних ланцюгів радіоприймальних пристроїв, підсилювачів радіосигналів, принципи побудови малошумних підсилювачів ВЧ та НВЧ, підсилювачів і фільтрів проміжної частоти, структурні схеми і методи реалізації оптимальних приймачів. Вміти: реалізовувати цифрові моделі демодуляторів цифрових (АМн, ЧМн, ФМн, QPSK, М-ASK, М-PSK, КАМ, OFDM) сигналів. Знати типові структурні схеми SDR- приймачів, апаратні засоби SDR систем, програмне забезпечення для конфігурації SDR-приймачів і вміти їх використовувати для прийому радіосигналів.

**Відмінно (90-100).** Здати всі контрольні точки з оцінкою «відмінно». Досконально знати всі теми та вміти застосовувати їх.

Розподіл балів, які отримують студенти за виконання курсової роботи (проекту)

Курсова робота, або курсовий проект не передбачено.

### Шкала оцінювання: бальна та традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Залік
90 - 100	Відмінно	Зараховано
75 - 89	Добре	
60 -74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

### 13. Методичне забезпечення

#### Навчальні посібники

1. Ю. Т. Зырянов, П. А. Федюнин, О. А. Белоусов. Радиопередающие устройства в системах радиосвязи. Санкт-Петербург, Лань, 2017.–176с.
2. Радіопередавальні пристрої: навч. посіб. / В. М. Ткачук, С. М. Цирульник, Т. А. Петренко. - Вінниця : Т. П. Барановська, 2015. - 187 с. : рис. - Бібліогр.: с. 187.
3. Радиопередающие устройства / В.В. Шахгильдян и др.; Под ред. В.В. Шахгильдяна.–М.:Связь, 2003.–328 с. К1.
4. Радиопередающие устройства. Под ред. М.В. Благовещенского, Г.М. Уткина. М.: Радио и связь, 1982.–408 с. К1.
5. Радиоприемные устройства / Н. Н. Фомин [и др.] ; под ред. Н. Н. Фомина. – М. : Радио и связь, 2003. – 520 с.

### 14. Рекомендована література

#### Базова

1. Ричард Рид. Основы теории передачи информации. Изд. Дом “Вильямс”, 2005 г. - 304 с.
2. Прокис Дж. Цифровая связь.– М.: Радио и связь, 2000.
3. Шульгин В.И. Основы теории цифровой связи. Ч. 2. Модуляция и прием сигналов: учеб. пособие. / – Х. Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2008. - 85 с.
4. Чердынцев, В. А. Методы и устройства приема и обработки радиосигналов : учебное пособие для студентов вузов [доп. МО РФ] / В. А. Чердынцев, И. Ю. Малевич, А. Е. Курочкин. - Мн. : БГУИР, 2010. - 288 с.
5. Колосовский, Е. А. Устройства приема и обработки сигналов / Е. А. Колосовский. – М. : Горячая линия – Телеком, 2007. – 456 с.
6. Software-Defined Radio for Engineers, by Travis F. Collins, Robin Getz, Di Pu, and Alexander M. Wyglinski, 2018, ISBN-13: 978-1-63081-457-1.
7. R.W. Stewart, K. Barlee, D.S.W. Atkinson, L.H. Crockett  
Software Defined Radio using MATLAB & Simulink and the RTL-SDR  
September 2015 Edition: 1 Publisher: Strathclyde Academic Media  
ISBN: 978-0-9929787-2-3
8. Симонов Ю.Л. Радиоприемные устройства летательных аппаратов. Конспект лекций. ч.1. Харьков: ХАИ, 1988.-55с.
9. Симонов Ю.Л. Радиоприемные устройства. Конспект лекций. ч.2. Харьков: ХАИ, 1989.-48с.
10. Симонов Ю.Л. Радиоприемные устройства. Конспект лекций. ч.3. Преселекторы диапазонных приемников. Харьков: ХАИ, 1990.- 44с.

## Допоміжна

1. Пристрої генерації та формування сигналів [Текст] : конспект лекцій / А. І. Білець, О. Д. Любимов ; Національний авіаційний ун-т. - К. : НАУ, 2001. - 158 с.: іл.
2. Пристрої генерування та формування сигналів / Укладач: Мамедов К.Я., Одеса, Одеський державний політехнічний університет, 2000.- 76 с.
3. Теория электрической связи. Конспект лекций: В.А. Григорьев, О.И. Лагутенко, О.А. Павлов, Ю.А. Распаев, В.Г. Стародубцев, И.А. Хворов / под общ. ред. В.А. Григорьева. – СПб: НИУ ИТМО, 2012. – с. 1482.
4. Буга Н.Н. и др. Радиоприемные устройства — М.: Радио и связь, 1986.
5. Радиоприемные устройства. Под редакцией А.Г.Зюко — М.: Связь, 1975.

## 15. Інформаційні ресурси

1. <http://k501.xai.edu.ua>
2. <https://library.khai.edu/>
3. <http://www.elibukr.org/uk>