

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

Кафедра Аерокосмічних радіоелектронних систем (№501)



РОБОЧА ПРОГРАМА ОБОВ'ЯЗКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Основи теорії цифрового зв'язку

(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 2021 рік

Розробник: Шульгін В.І., професор каф. 501, к.т.н., доцент.
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь та вчене звання)


(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри №501 аерокосмічних
радіоелектронних систем

(назва кафедри)

Протокол № 12/20-21 від « 25 » серпня 2021 р.

Завідувач кафедри к.т.н., доцент
(науковий ступінь та вчене звання)


(підпис)

С.С. Жила
(ініціали та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)	
Кількість кредитів - 6	Галузь знань <u>17 “Електроніка та телекомунікації”</u> (шифр і найменування)	Обов'язкова	
Кількість модулів – 1		Навчальний рік:	
Змістовних модулів – 3			
Індивідуальне завдання <u>розрахункова робота</u> (назва)	Спеціальність <u>172 “Телекомунікації та радіотехніка”</u> (код і найменування)	2021/2022	
		Семестр	
		5-й	
Загальна кількість годин – 180 кількість годин аудиторних занять*) - 80/ загальна кількість годин - 180	Освітня програма <u>“Радіоелектронні пристрої, системи та комплекси”</u> (найменування)	Лекції *)	
		32 год.	
Практичні *)			
24 год.			
Лабораторні *)			
24 год.			
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 11,25 самостійної роботи здобувача – 6,25		Рівень вищої освіти: перший (<u>бакалаврський</u>)	Самостійна робота
			100 год.
			Вид контролю
	Модульний контроль, іспит		

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: для денної форми навчання - 80/100

*) 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 «Основи теорії цифрового зв'язку» є придбання студентами наступних спеціальних знань і вмінь використовувати їх у своїй практичній роботі: призначення систем цифрового зв'язку, структурі систем зв'язку, методи економного і завадостійкого кодування у системах зв'язку, методи оптимального прийому цифрових сигналів, критерії якості передачі інформації, властивості і моделі радіотехнічних каналів зв'язку.

Завдання - вивчення загальної теорії і методів на яких заснована передача інформації.

Компетентності, які набуваються:

- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
 - здатність планувати та управляти часом.
 - знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.
 - здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
 - вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.
 - навички здійснення безпечної діяльності.
 - здатність розуміти сутність і значення інформації в розвитку сучасного інформаційного суспільства.
 - здатність вирішувати стандартні завдання професійної діяльності на основі інформаційної та бібліографічної культури із застосуванням інформаційно-комунікаційних технологій і з урахуванням основних вимог інформаційної безпеки.
 - здатність використовувати базові методи, способи та засоби отримання, передавання, обробки та зберігання інформації.
 - здатність здійснювати комп'ютерне моделювання пристроїв, систем і процесів з використанням універсальних пакетів прикладних програм.
 - готовність сприяти впровадженню перспективних технологій і стандартів.
 - здатність здійснювати приймання та освоєння нового обладнання відповідно до чинних нормативів.
 - здатність здійснювати монтаж, налагодження, налаштування, регулювання, досліду перевірку працездатності, випробування та здачу в експлуатацію споруд, засобів і устаткування телекомунікацій та радіотехніки.
- ФК12 – здатність проводити роботи з керування потоками навантаження інформаційно-телекомунікаційних мереж.

Очікувані результати навчання:

- знання теорій та методів фундаментальних та загальноінженерних наук в об'ємі необхідному для розв'язання спеціалізованих задач та практичних проблем у галузі професійної діяльності.
- здатність брати участь у проектуванні нових (модернізації існуючих) телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних, телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення тощо.
- вміння застосовувати сучасні досягнення у галузі професійної діяльності з метою побудови перспективних телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних, телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення тощо.
- вміння адміністрування телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних та телекомунікаційних мереж.
- здатність проводити випробування телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних, телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення у відповідності до технічних регламентів та інших нормативних документів.

Пререквізити: елементна база радіоелектроніки, аналогові електронні пристрої, комп'ютерна схемотехніка, сигнали та процеси в радіотехніці, цифрова обробка сигналів

Кореквізити: радіотехнічні системи, системи радіозв'язку

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовний модуль №1. Модель цифрової системи зв'язку. Основи теорії інформації та економного кодування.

ТЕМА 1. Узагальнена модель системи цифрового зв'язку.

Загальні поняття. Призначення і характеристики елементів моделі. Моделі джерел повідомлень. Кодер джерела. Кодер-декодер каналу. Модуляція і прийом сигналів. Радіотехнічні канали зв'язку.

ТЕМА 2. Дискретне представлення неперервних повідомлень.

Теорема дискретизації для одновимірних і двовимірних сигналів. Ефекти дискретизації і квантування.

ТЕМА 3. Основи теорії інформації та економного кодування. Кодування без втрат.

Кількість інформації, що міститься в повідомленні. Ентропія джерела без пам'яті і з пам'яттю. Теорема кодування для джерела. Задачі економного кодування. Кодування без втрати інформації. Коди без пам'яті. Коди з пам'яттю. Коди Хаффмена і Шеннона-Фано. Кодування довжин повторень. Арифметичне кодування. Словникові методи кодування.

ТЕМА 4. Методи економного кодування з втратою інформації.

Скалярне квантування (ІКМ). Диференціальне кодування. Кодування мови (кодування форми, вокодеры, гібридні методи). Кодування нерухомих зображень (на приміри JPEG). Кодування відео (на приміри MPEG).

Модульний контроль.

Змістовний модуль №2 Основи завадостійкого кодування

ТЕМА 5. Лінійні блокові коди.

Типи кодів. Лінійні блокові коди. Код із простою перевіркою на парність. Ітеративний код. Кодування з використанням породжуючої матриці. Перевірочна матриця. Дуальні коди. Синдром і виявлення помилок. Синдромне декодування лінійних блокових кодів.

ТЕМА 6. Декодування методом максимальної правдоподібності.

Ідея методу максимальної правдоподібності (ММП). М'який декодер МП. Жорсткий декодер МП. Вага Хеммінга, відстань Хеммінга. Здатність коду виявляти і виправляти помилки. Імовірність невиявлення і невивиправлення помилки для найпростіших блокових кодів.

ТЕМА 7. Поліноміальні і циклічні коди.

Породжуючий поліном. Теорема про існування циклічних кодів. Кодування. Перевірочний поліном. Обчислення синдрому і виправлення помилок. Неалгебраїчні методи декодування.

ТЕМА 8. Кодування з застосуванням згорткових кодів.

Основні характеристики. Схеми кодуючих засобів. ППХ еквівалентного фільтра. Породжуючий поліном. Кодове дерево і рішйтчаста діаграма. Кодування на базі кодового дерев і рішйтчастої діаграми. Алгоритми декодування згорткових кодів Вітербі і Фано.

Модульний контроль.

Змістовний модуль №3. Цифрова модуляція і прийом цифрових сигналів.

ТЕМА 9. Простіші цифрові методи модуляції.

Призначення модуляції. Види модуляції. Двійкова модуляція - АМн, ЧМН, ФМн. Двійкова амплітудна модуляція АМн. Формування. Сигнал. Сигнальне сузір'я. Спектр. Двійкова частотна модуляція ЧМН. Формування. Сигнал. Сигнальне сузір'я. Спектр. Відмінність від АМн. Двійкова фазова модуляція ФМн. Формування. Сигнал. Сигнальне сузір'я. Спектр.

ТЕМА 10. Оптимальний прийом двійкових сигналів

Оптимальний прийом двійкових сигналів на тлі перешкод. Постановка і рішення задачі розрізнення двох відомих сигналів на тлі нормального білого шуму. Геометрична інтерпретація процесу передачі і довільного прийому. Оптимальне правило розрізнення двох відомих сигналів. Функція правдоподібності для випадку прийому на тлі НБШ. Структура оптимального приймача - різницятелями двох відомих сигналів АМн, ЧМН і ФМн. Перешкодостійкість оптимального приймача. Імовірність помилок при прийомі протилежних, ортогональних і АМн сигналів.

ТЕМА 11. Багатопозиційна модуляція і прийом М-ічних сигналів

Формування багатопозиційних сигналів. Оптимальний прийом М сигналів на тлі перешкод. QPSK. Постановка і рішення задачі оптимального розрізнення М відомих сигналів. Схема оптимального приймача М сигналів з однаковими енергіями. Перешкодостійкість оптимального приймача при М-ичном прийомі. Залежність ймовірності помилки від енергетичного відношення сигнал / шум на біт при різних М. Межа Шеннона. Теорема Шеннона для каналу з перешкодами.

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	7
Змістовний модуль 1. Модель системи зв'язку. Основи теорії інформації та економного кодування.					
Тема 1. Узагальнена модель системи передачі інформації.	5	1	–	–	4
Тема 2. Дискретне представлення неперервних повідомлень.	11	1	–	4	6
Тема 3. Основи теорії інформації та економного кодування.	12	4	–	–	8
Тема 4. Методи економного кодування з втратою інформації.	22	4	4	6	8
Разом за змістовим модулем 1	50	10	4	10	26
Змістовний модуль 2. Основи завадостійкого кодування в системах передачі інформації.					
Тема 5. Лінійні блокові коди.	22	4	4	4	10
Тема 6. Декодування методом максимальної правдоподібності	16	2	4	–	10
Тема 7. Поліноміальні і циклічні коди.	12	2	–	2	8
Тема 8. Кодування з застосуванням згорткових кодів.	16	4	–	2	10
Разом за змістовим модулем 2	66	12	8	8	38
Змістовний модуль 3. Модуляція і прийом сигналів у системах зв'язку.					
Тема 9. Призначення модуляції і види модуляції. Простіші цифрові методи модуляції.	18	2	4	–	12
Тема 10. Оптимальний прийом двійкових сигналів	24	4	4	4	12
Тема 11. Багатопозиційна модуляція і прийом М-ічних сигналів	22	4	4	2	12
Разом за змістовим модулем 3	64	10	12	6	36
Контрольний захід					
Усього годин	180	32	24	24	100

5. Теми семінарських занять

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

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кільк. годин
1	Стиснення зображень та відео. Алгоритми JPEG, MPEG	4
2	Кодування з використанням блокових кодів. Методи корекції помибок.	4
3	Декодування методом максимальної правдоподібності	4
4	Методи двійкової модуляції ASK, PSK, FSK,	4
5	Прийом двійкових сигналів	4
6	Прийом М-позиційних сигналів	4
	Разом	24

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	“Дискретизація і квантування неперервних сигналів”	4
2	“Методи економного кодування з втратою інформації. Стиснення речових сигналів та зображень”	6
3	”Завадостійке кодування з використанням блокових кодів. Синдромне декодування лінійних блокових кодів”	4
4	“Дослідження алгоритма декодування згорткових кодів Вітербі”	4
5	“Методи цифрової модуляції і прийому дискретних сигналів. Дослідження модуляції ASK, PSK, FSK, MPSK	6
	Разом	24

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Основні відзнаки ОТЦЗ від інших радіотехнічних систем. Поняття інформації, критерії кількості і якості цифрової передачі інформації. (Тема 1)	4
2	Дискретне представлення неперервних сигналів. Теорема Котельникова. Відновлення неперервних сигналів по їх відлікам. Інтерполяційна формула Котельникова. (Тема 2)	6
3	Кодування довжин повторень. Диференціальне кодування. Арифметичне кодування. (Тема 3)	8
4	Економне кодування мовних сигналів. Вокодер. Принцип роботи. Гібридні методи і їх переваги. (Тема 4)	8
5	Лінійні блокові коди. Синдромне декодування. (Тема 5)	10
6	Декодування методом максимальної правдоподібності. (Тема 6).	10
7	Циклічні коди. Згорткові коди. Декодер Вітербі. Декодер Фано. (Тема 7, 8)	18
8	Призначення модуляції і види модуляції. Простіши цифрові методи модуляції. Оптимальний прийом двійкових сигналів (Тема 9,10).	24
9	Багатопозиційна модуляція і прийом М-ічних сигналів. (Тема 11)	12
	Разом	100

9. Індивідуальні завдання

1. РР на тему: “Дослідження якісних показників передачі даних при застосуванні двійкових цифрових методів модуляції. Статистичне моделювання на ЄОМ з використанням МАТЛАБ і СИМУЛІНК”.
2. РР на тему: “Дослідження якісних показників передачі даних при застосуванні М-ічних методів модуляції. Статистичне моделювання на ЄОМ з використанням МАТЛАБ і СИМУЛІНК”.

10. Методи навчання

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

11. Методи контролю

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

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	1	5	5
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	5	2	10
Модульний контроль	10	1	10
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	1	6	6
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	5	2	10
Модульний контроль	10	1	10
Змістовний модуль 3			
Робота на лекціях	1	5	5
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	5	2	10
Виконання і захист РР	24	1	24
Модульний контроль	10	1	10
Усього за семестр			100

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.

Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Оцінка **“відмінно”** (“А”, 90-100 балів) виставляється, якщо студент:

1) має ґрунтовні теоретичні знання з:

призначення систем зв'язку, структурі систем цифрового зв'язку; властивості неперервних сигналів, методи їх дискретного представлення, ефекти дискретизації і квантування даних; поняття і властивості ентропії, теореми кодування для джерела; цілей та методів економного кодування у системах зв'язку; методів економного кодування без втрат інформації; методів стиснення зображень та відео; цілей та методів завадостійкого кодування у системах зв'язку; методів корекції помилок при застосуванні блокових кодів; методів детектування помилок у згорткових кодах; методів цифрової модуляції, які застосовуються у системах зв'язку; методів оптимального прийому цифрових сигналів, критеріїв якості передачі інформації;

2) вміє:

визначати оптимальний спосіб передачі інформації і необхідну структуру системи; обирати потрібну частоту дискретизації, кількість рівнів квантування аналогового сигналу та разрядність його двійкового представлення; оцінювати інформативність і надмірність даних; обирати придатний метод стиску інформації, оцінювати необхідний ступінь стиску і величину втрат; здійснювати кодування дискретних даних із застосуванням кодів Хаффмена, Шеннона-Фано, арифметичного коду, коду довжин повторень, диференціального коду; вибирати метод завадостійкого кодування інформації, оцінювати завадостійкість, визначати структуру кодуючих і декодуючих пристроїв; виконувати кодування і синдромне декодування лінійних блокових кодів; виконувати кодування з використанням ґратчастої діаграми для згорткових кодів; декодувати з використанням алгоритмів Вітербо і Фано згорткові коди; розраховувати ймовірність невіправлених помилок на виході системи декодування; знаходити оптимальні результуючі характеристики систем передачі інформації за показниками завадостійкості, швидкості і якості передачі інформації.

3) має уявлення про:

про традиційні методи аналогової модуляції і методи прийому неперервних сигналів; структурні схеми і основні характеристики таких систем передачі інформації, як системи стільникового зв'язку, системи аналогового і цифрового телебачення; сучасні тенденції розвитку цифрових систем передачі інформації.

Оцінка **“добре”** (75-89 балів) виставляється, якщо студент:

1) має ґрунтовні теоретичні знання з:

призначення систем зв'язку, структурі систем цифрового зв'язку; призначення та методів економного кодування у системах зв'язку; призначення та основних методів завадостійкого кодування у системах зв'язку; простіших методів цифрової модуляції; методів прийому цифрових сигналів, критеріїв якості передачі інформації; відповідає на додаткові питання;

2) вміє:

визначати спосіб передачі інформації і необхідну структуру системи; здійснювати кодування дискретних даних із застосуванням кодів Хаффмена, Шеннона-Фано, коду довжин повторень, диференціального коду; вибирати метод завадостійкого кодування інформації, оцінювати завадостійкість, визначати структуру кодуючих і декодуючих пристроїв; виконувати кодування і синдромне декодування лінійних блокових кодів; декодувати з використанням алгоритмів Вітербо і Фано згорткові коди.

Оцінка **“задовільно”** (60-74 балів) виставляється за умов:

мають місце окремі принципові помилки при виконанні завдань; недостатня повнота викладення відповідей; вміє більшою мірою самостійно проводити розрахунки параметрів системи зв'язку.

Оцінка **“незадовільно”** (1-59 балів) виставляється за умов:

нерозуміння базових положень навчальної дисципліни; відсутність знань більшої частини основного матеріалу.

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. Шульгин В.И. Основы теории цифровой связи. Ч. I. Кодирование информации: учеб. пособие. / – Х. : Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2008. - 183 с.
2. 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.
3. Основы теории передачи информации. Ч. 2. Помехоустойчивое кодирование / В.И. Шульгин. - Учеб. пособие. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2003.
4. Основы теории передачи информации. Ч. I. Экономное кодирование / В.И. Шульгин. - Учеб. пособие. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2003. - 102 с.
5. Шульгин, В. И. Обработка изображений и видео: учеб. пособие для самост. подготовки: / В. И. Шульгин, О. Н. Антончик. – Х. : Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», 2015. – 108 с.
6. Лабораторный практикум по курсу ОТЦС. Учебное пособие. Электронное издание. ХАИ

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. Литвинская О.С., Чернышёв Н.И. Основы теории передачи информации. Учебное пособие. Изд “Кнорус”, 2013 г., - 240 с.
4. Кодирование с исправлением ошибок в системах цифровой связи / Дж. Кларк, Дж. Кейн – М.: Радио и связь, 1987.

Допоміжна

1. 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.
2. Пенин П.И. Системы передачи цифровой информации. - М.: Сов. радио, 1996.
3. Теория и практика кодов контролирующих ошибки / Р. Блейхут. – М.: Мир, 1986.

15. Інформаційні ресурси

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