

# ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ



## РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### *Моделювання і оптимізація радіотехнічних засобів електронних комунікацій*

**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**– ОПП.03

**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	
					Аудиторні заняття				Самостійна робота, в т.ч. ІРС			Залік	Іспит
			Кредити ЄКТС	Години	Разом	Лекції	Лабораторні роботи	Практичні заняття					
Д	1	2	5	150	54	18	36	-	90	-	+	-	+
<b>Разом ДФН</b>			<b>5</b>	<b>150</b>	<b>54</b>	<b>18</b>	<b>36</b>	<b>-</b>	<b>90</b>	<b>-</b>	<b>+</b>	<b>-</b>	<b>+</b>

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 31 серпня 2023 року

Завідувач кафедри ТМІТ

\_\_\_\_\_ Сергій ПІДЧЕНКО

Робоча програма розглянута та схвалена Вченою радою факультету інформаційних технологій

Голова Вченої ради

\_\_\_\_\_ Олег САВЕНКО

# МОДЕЛЮВАННЯ І ОПТИМІЗАЦІЯ РАДІОТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ЕЛЕКТРОННИХ КОМУНІКАЦІЙ

Тип дисципліни	Обов'язкова професійної підготовки
Рівень вищої освіти	другий (магістерський)
Мова викладання	українська
Семестр	Другий
Кількість встановлених кредитів ЄКТС	5,0
Форми здобуття освіти	Денна

**Результати навчання.** Студент, який успішно завершив вивчення дисципліни, повинен: знати, розуміти та вміти застосовувати сучасні методи моделювання та і оптимізації радіотехнічних засобів електронних комунікацій, коректно інтерпретувати, оцінювати адекватність та ефективність результатів; обирати та ефективно застосовувати моделі, комп'ютерні та технічні підходи оптимізації на всіх етапах їх життєвого циклу з метою отримання переваг за встановленими критеріями.

**Зміст навчальної дисципліни.** Основні поняття теорії моделювання та оптимізації. Модель як складова задачі оптимізації. Задачі, методи та процес моделювання радіотехнічних засобів. Системний підхід до побудови моделей. Системи та процеси як об'єкт математичного моделювання. Математичне моделювання лінійних та нелінійних радіотехнічних кіл. Аналітичне моделювання сигналів радіотехнічних засобів. Імітаційне моделювання нелінійної взаємодії в нестационарних каналах. Прикладне програмне забезпечення о моделювання. Методи оптимізації моделей радіотехнічних засобів. Моделювання в задачах управління проектами реалізації радіотехнічних засобів та прогнозування реакцій на зовнішні дії.

**Пререквізити** – методологія та організація наукових досліджень, програмно-конфігуровані системи передавання, приймання та обробки інформації.

**Кореквізити** – науково-професійна практика, кваліфікаційна роботи.

**Запланована навчальна діяльність:** лекції – 18 год., лабораторні заняття – 36 год., самостійна робота(курсова робота) – 96год., разом – 150 год.

**Форми (методи) навчання:** лекції (із використанням методів проблемного навчання, візуалізації, та роботи в команді); лабораторні заняття (з використанням методів імітаційного та комп'ютерного моделювання), розробка курсової роботи (із застосуванням методів комп'ютерного моделювання та імітаційного моделювання в пакетах прикладних програм), самостійна робота (індивідуальні завдання з оптимізації радіотехнічних засобів).

**Форми оцінювання результатів навчання:** портфолію та захист лабораторних робіт; представлення та захист курсової роботи, презентація результатів виконання індивідуальних завдань; письмове опитування (тестування), тестування в модульному середовищі, письмові контрольні заходи (контрольні роботи).

**Вид семестрового контролю:** іспит – 2 семестр.

## Навчальні ресурси:

1. Рябенський В.М. Моделювання пристроїв обробки цифрових сигналів : Навч. Посібник / Рябенський В.М. , Солобютко Л.В. – К.: Видавничий дім «Кондор», 2021. – 352 с.
2. Самборський І.І., Шолохов С.М., Юрченко О.В., Ніколаєнко Б.А., Основи цифрової обробки сигналів: навчальний посібник. Київ: ІСЗЗІ КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 171 с.
3. Шолохов С. М Основи теорії і практики використання Matlab для цифрової обробки сигналів : навч. посіб. / С. М. Шолохов, І. І. Самборський, Б. А. Ніколаєнко, Р. Ю. Сбоев. – Київ : ІСЗЗІ КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 226 с.
4. Данилов В. Я. Синергетичні методи аналізу : навч. посіб. / В. Я. Данилов, А. Ю. Зінченко. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 113 с.
5. Моделювання і оптимізація радіотехнічних засобів електронних комунікацій : конспект лекцій для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 172 «Електронні комунікації та радіотехніка» / О. С. Пивовар, С. К. Підченко, О. Я. Кучерук. Хмельницький : ХНУ, 2024. 78 с.
4. Модульне середовище для навчання. Доступ до ресурсу: <https://msn.khnu.km.ua>.

**Викладач:** канд.техн.наук, доц. Пивовар О.С.

## 1. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Дисципліна «Моделювання і оптимізація радіотехнічних засобів електронних комунікацій» є однією із фахових дисциплін професійної підготовки магістра за спеціальністю 172 «Електронні комунікації та радіотехніка» на основі однойменної ОПП «Електронні інформаційно-комунікаційні системи та мережі».

**Пререквізити** – методологія та організація наукових досліджень, програмно-конфігуровані системи передавання, приймання та обробки інформації.

**Кореквізити** – науково-професійна практика, кваліфікаційна роботи.

Відповідно до ОПП магістра дисципліна має забезпечити:

- **компетентності**: застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК2); знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності (ЗК3); здатність спілкуватись іноземною мовою (ЗК5); здатність проведення досліджень на відповідному рівні (ЗК7); здатність розробляти проекти та управляти ними(ЗК9); здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт (ЗК10); здатність обґрунтовано обирати та ефективно застосовувати математичні методи, комп'ютерні технології моделювання, а також підходи та методи оптимізації радіотехнічних і радіотехнічних систем, комплексів, технологій, пристроїв та їх компонентів на всіх етапах їх життєвого циклу (ФК3); 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. (ФК4); здатність проводити системний аналіз складних електронних інформаційно-комунікаційних, радіотехнічних систем та мереж (ФК9).

- **програмні результати навчання**: Планувати і виконувати прикладні дослідження у сфері телекомунікації та радіотехніки, застосовувати для цього методи математичного і фізичного моделювання, обробки інформації, інтерпретувати результати досліджень та обґрунтовувати висновки (ПРН 4); локалізувати та оцінювати стан проблемної ситуації на етапах дослідження, проектування, модернізації, впровадження та експлуатації сучасних та перспективних телекомунікаційних і радіотехнічних систем, комплексів, технологій, пристроїв та їх компонентів, формулювати пропозиції щодо її вирішення з усуненням виявлених недоліків. (ПРН 7); 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 (ПРН 8); розробляти і реалізовувати інженерні проекти, враховуючі цілі, обмеження, соціальні, економічні, правові та екологічні аспекти (ПРН 11); спілкуватися іноземною мовою, усно і письмово на рівні, достатньому для презентації та обговорення результатів професійної діяльності, досліджень і проектів у сфері телекомунікацій та радіотехніки, для пошуку і аналізу науково-технічної інформації, для зрозумілого і недвозначного донесення своїх думок та аргументації. (ПРН 15); розуміти принципи організації інформаційно-комунікаційних мереж, нейронних технологій, технологій мультиплексування та комутації, технологій фізичного рівня, ієрархію швидкостей, концептуальні засади щодо формування сигнально-кодових конструкцій та завадостійкого кодування. (ПРН 17).

**Мета дисципліни.** Формування у студентів знань новітніх та діючих методичних основ побудови оптимальних моделей процесів в радіотехнічних засобах електронних комунікацій, застосування інструментальних засобів комп'ютерного моделювання та оптимізації обробки радіосигналів, розкриття суті наукових концепцій, понять та методів комплексної оптимізації радіотехнічних засобів, надання студентам необхідного обсягу теоретичних знань практичних навичок в галузі комп'ютерного моделювання та оптимізації застосування прогресивних САПР імітаційного моделювання.

**Предмет дисципліни.** Закономірності створення та використання комп'ютерних моделей для оптимізації проектування радіотехнічних засобів, що реалізують можливість їх ефективного використання в області електронних комунікацій.

**Завдання дисципліни.** Формування у слухачів комплексу знань, вмінь та уявлень з питань застосування прогресивних методів математичного опису процесів в радіотехнічних засобах в поєднанні із застосуванням комп'ютерних технологій для математичного, аналітичного, імітаційного тощо, моделювання і оптимізації електронних комунікацій із застосуванням радіосигналів.

**Результати навчання.** Студент, який успішно завершив вивчення дисципліни, повинен: знати, розуміти та вміти застосовувати сучасні методи моделювання та і оптимізації радіотехнічних засобів електронних комунікацій, коректно інтерпретувати, оцінювати адекватність та ефективність результатів; обирати та ефективно застосовувати моделі, комп'ютерні та технічні підходи оптимізації на всіх етапах їх життєвого циклу з метою отримання переваг за встановленими критеріями.

## 2. СТРУКТУРА І ЗМІСТ РОБОЧОЇ ПРОГРАМИ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### 2.1 Структура залікових кредитів дисципліни

Назва розділу (теми)	Кількість годин, відведених на:			
	Денна форма			
	Лекції	Лабораторні роботи	Самостійна робота	Курсова робота
Тема 1 Застосування понять узагальненої теорії моделювання та оптимізації в радіотехнічній галузі	4	8	13	8
Тема 2. Методи та критерії моделювання радіотехнічних засобів електронних комунікацій	6	12	17	8
Тема 3. Програмна підтримка математичного та імітаційного моделювання радіотехнічних засобів в системах електронних комунікацій	4	8	18	7
Тема 4. Методи моделювання та застосування оптимізованих моделей для оцінювання ефективності застосування радіотехнічних засобів в електронних комунікаціях	4	8	18	7
<b>Разом за семестр:</b>	<b>18</b>	<b>36</b>	<b>66</b>	<b>30</b>

## 2.2 ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### 2.2.1. Зміст лекційного курсу

№ лекції	Перелік тем лекцій та їх анотації	Кількість годин
1	Узагальнене поняття моделі, завдання та способи моделювання. Модель, параметри та характеристики. Класифікація моделей. Завдання дослідження моделей. Літ.: [1] С. 11-44; [2] С. 16-49	2
2	Методи та процеси моделювання. Алгоритм моделювання. Класичний та системний підходи до моделювання. Елементи структурного підходу до розробки та моделювання. Інформаційні аспекти системного моделювання Література: [1] С. 20-35	2
3	Забезпечення процесу моделювання. Оптимізація вибору маршруту доставки повідомлень. Література: [1] С. 62-69; [2] С. 47-89	2
4	Параметри та різновиди абстрактних моделей. Формування абстрактних математичних моделей. Різновиди параметрів моделей та фазовий простір. Критерії якості комп'ютерного моделювання .Літ.: [3] С. 98-134	2
5	Моделювання процесів в електронних комунікаціях. Технічна модель в теорії систем. Програмне забезпечення моделювання радіотехнічних засобів. Динамічне моделювання. Література: [3] С. 44-68	2
6	Функції Matlab радіотехнічного моделювання. Функції моделювання й аналізу сигналів. Функції кодування/декодування джерела. Функції завадостійкого кодування/декодування. Функції модуляції і демодуляції. Функції моделювання каналів зв'язку та спеціальні фільтри . Літ.: [1] С. 261-299; [2] С. 218-237	2
7	Моделювання та оптимізація нелінійних динамічних систем Поняття нелінійної динамічної системи. Загальні властивості нелінійної динамічної системи. Особливі властивості нелінійної динамічної системи. Літ.: [1] С. 244-254	2
8	Моделювання процесів детермінованого хаосу. Ознаки хаотичної поведінки. Класичні поняття для хаотичної поведінки. Хаотичні рухи та сценарії переходу до хаосу. Літ.: [2] С. 657-719	2
9	Методи самоорганізації моделей. Основні поняття теорії самоорганізації моделей. Однорядний алгоритм самоорганізації моделей. Багаторядний алгоритм самоорганізації моделей. Літ.: [2] С. 667-701 [2] С. 706-734	2
	Разом:	<b>18</b>

### 2.2.2 Зміст лабораторних занять

#### Перелік лабораторних занять

№ з/п	Тема лабораторного заняття	Кільк. годин
1	Основи застосування МАТЛАБ для радіотехнічних завдань. Літ: [1] с.117-121 , [2] с.44-49, [3] с.33-48	4
2	Моделювання радіотехнічних засобів за допомогою Simulink. Літ: [1] с.128-149 , [2] с.44-55	4
3	Моделювання аналогової обробки. Літ.: [1] с.212-237; [2] с.101-117; [3] с.47-52	4
4	Моделювання цифрової модуляції . [1] с.621-666; [2] с.140-148	4
5	Моделювання імпульсної обробки . Літ.: [1] с.676-693; [2] с.147-164	4
6	Оптимізація параметрів цифрового приймача . Літ.: [1] с.743-754; [2] с.79-88; [3] с.99-111	4

7	Моделювання сигнально-кодових конструкцій. Літ.: [1] с.147-160, 205-211; [2] с.186-204; [3] с.85-98	4
8	Моделювання радіоканалів із завадами. Літ.: [1] с.733-739; [3] с.161-168	4
9	Моделювання завадостійких кодеків. Літ.: [2] С. 714-728	4
<b>Разом:</b>		<b>36</b>

#### 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 робіт, підготовці до захисту лабораторних 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	Знайомство із робочою програмою та силабусом по курсу, реєстрація в модульному середовищі, розробка індивідуальних планів та графіків дистанційного навчання (за потреби), вибір часу (графіку) консультацій за узгодженням із викладачем.. Вибір індивідуальних завдань. Опрацювання матеріалів лекції 1	3
2	Підготовка до виконання лабораторної роботи 1, підготовка до короткого тестового контролю збереження знань - Т1	3
3	Опрацювання матеріалів лекції 2, виконання індивідуальних завдань	4
4	Підготовка до лабораторної роботи 2, захист результатів виконання лабораторної роботи 1, виконання індивідуальних завдань	4
5	Опрацювання матеріалу лекції 3, виконання індивідуальних завдань	4
6	Підготовка до лабораторної роботи 3, захист результатів виконання лабораторної роботи 2, виконання індивідуальних завдань	4
7	Опрацювання матеріалу лекції 4, виконання індивідуальних завдань	3
8	Підготовка до лабораторної роботи 4, захист результатів виконання лабораторної роботи 3, виконання індивідуальних завдань	4
9	Опрацювання матеріалу лекції 5, виконання індивідуальних завдань, підготовка та проведення електронного тестування - Т2	4
10	Підготовка до лабораторної роботи 5, захист результатів виконання лабораторної роботи 4, виконання індивідуальних завдань	4
11	Опрацювання матеріалу лекції 6, виконання індивідуальних завдань	4
12	Підготовка до лабораторної роботи 6, захист результатів виконання лабораторної роботи 5, виконання індивідуальних завдань	2
13	Опрацювання матеріалу лекції 7, виконання індивідуальних завдань	3
14	Підготовка до лабораторної роботи 7, захист результатів виконання лабораторної роботи 6, виконання індивідуальних завдань	4
15	Опрацювання матеріалу лекції 8, виконання індивідуальних завдань, підготовка та проведення електронного тестування – Т3	4
16	Підготовка до лабораторної роботи 8, захист результатів виконання лабораторної роботи 7, оформлення індивідуальних завдань	4
17	Опрацювання матеріалу лекції 9, виконання індивідуальних завдань , захист індивідуальних завдань	4
18	Підготовка до лабораторної роботи 9, захист результатів виконання лабораторної роботи 8,9, підготовка до підсумкового контрольного заходу	4
Разом		<b>66</b>

## 2.2.5 Орієнтовна тематика індивідуального завдання для самостійної роботи студентів

1. Приклади та наслідки застосування системного підходу в засобах електронних комунікацій.
2. Приклади та наслідки застосування системного підходу в радіолокації.
3. Приклади та наслідки застосування системного підходу в радіонавігації.
4. Приклади та наслідки застосування системного підходу в побутових засобах із використанням радіосигналів..
5. Способи використання штучного інтелекту (ШІ) в радіоелектронних засобах..
6. Моделювання частотно-часового ущільнення індивідуальних каналів в стільникових мережах.
7. Моделі абонентського обслуговування стаціонарних телефонних мереж.
8. Огляд систем блокового математичного моделювання для вирішення завдань радіотехніки.
9. Огляд систем імітаційного моделювання радіотехнічних процесів.
10. Огляд систем моделювання напрямних радіотехнічних засобів (антен).
11. Приклади оптимізації радіотехнічних засобів за забезпеченням максимальної пропускної спроможності. Приклади.
12. Оптимізація радіотехнічних засобів за критерієм мінімізації бітових помилок. Приклади.
13. Оптимізація радіотехнічних засобів за критерієм максимізації дальності дії.
14. Багатокритеріальна оптимізація радіотехнічних засобів через використання цифрових сигнально-кодових конструкцій.
15. Розв'язання оптимізаційних завдань радіотехнічних засобів на базі застосування надширококутних сигналів.
16. Розв'язання оптимізаційних завдань радіотехнічних засобів на базі застосування сигналів детермінованого хаосу.
17. Оптимізація лінійної та нелінійної фільтрації в радіотехнічних засобах електронних комунікацій.
18. Наслідки використання оптимізаційних рішень для вибору конфігурації мережевих радіоінтерфейсів.
19. Моделювання генерації випадкових чисел із рівномірним законом в детермінованих системах.
20. Імітаційні нестационарні моделі каналів електричного зв'язку в середовищі MATLAB для стільникових радіомереж.
21. Оптимізація форми цифрових сигналів із застосуванням передспотворень, та адаптація до особливостей наявних кабельних електричних ліній передачі.
22. Оптимізація форми цифрового сигналу через застосування передспотворень, а адаптація до особливостей наявних оптоволоконних ліній передачі.
23. Моделювання та оптимізація використання активних оптичних ліній передачі із підсиленням сигналу вздовж лінії.
24. Використання діаграм ока в задачах моделювання та оптимізації радіотехнічних засобів електронних комунікацій.
25. Оптимізація методів та способів захисту радіоканалів від несанкціонованого доступу, без застосування програмованих алгоритмів шифрування .
26. Моделювання та оптимізація використання ортогональних базисів радіосигналів в для застосування в радіотехнічних засобах електронних комунікацій.

## 2.2.6 Зміст курсової роботи

Курсова робота студентів *денної* форми здобуття освіти полягає у самостійній реалізації завдання із тематики моделювання радіотехнічних засобів електронних комунікацій. Курсова робота складається із 3 основних розділів – теоретичного обґрунтування доцільності розробки, розділу моделювання (розробка моделі, аналіз адекватності моделі, дослідження моделі) та розділу оптимізації розробленої моделі радіотехнічних засобів електронних комунікацій.

### Графік виконання курсової роботи

Номер тижня	Обсяг завдань для виконання	К-ть годин
1	Вибір теми курсової роботи	1
2	Затвердження технічного завдання та графіку виконання (графіку індивідуальних консультацій)	1
3	Визначення предмету та об'єкту та мети дослідження в курсовій роботі, аналіз літературних джерел	1
4	Постановка завдань дослідження, визначення можливостей реалізації в заданій САПР, аналіз літературних джерел	1
5	Складання концептуальної моделі дослідження, аналіз літературних джерел	1
6	Вибір теоретичної бази моделювання, формальне представлення моделі та способів моделювання, аналіз аналогічних моделей проєктів	2
7	Створення моделі, первинний аналіз працездатності в середовищі Matlab, написання першого розділу курсової роботи	2
8	Тестування та верифікація розробленої моделі (ч.1) в лінійних режимах без завад	2
9	Тестування та верифікація розробленої моделі (ч.2) в нелінійних режимах	2
10	Тестування та верифікація розробленої моделі (ч.3) під час дії стаціонарних та нестаціонарних завад	2
11	Оцінювання рівня адекватності розробленої моделі	2
12	Аналіз результатів моделювання	2
13	Підсумовування результатів моделювання порівняння результатів із аналогами із літературних джерел, написання другого розділу курсової роботи	2
14	Формулювання пропозицій щодо подальших досліджень та оптимізації засобів із точки зору якості отриманих результатів	2
15	Застосування одного із методів оптимізації для розробленої моделі за критерієм покращення ТТХ радіотехнічних засобів електронних комунікацій	2
16	Аналіз результатів оптимізації, написання третього розділу курсової роботи	2
17	Підготовка до захисту та захист курсових робіт	2
18	Підготовка до захисту та захист курсових робіт (для відстаючих студентів)	1
Разом		<b>30</b>

#### 2.2.7 Орієнтовна тематика курсових робіт

1. Моделювання та оптимізація радіоканалів зв'язку із використанням лінійних різновидів модуляції.
2. Моделювання та оптимізація радіоканалів зв'язку із використанням нелінійних різновидів модуляції.
3. Моделювання та оптимізація радіоканалів зв'язку із цифрових різновидів модуляції.
4. Моделювання та оптимізація сигналів каналного рівня моделі OSI для взаємодії із лінією передачі із заданими параметрами.
5. Моделювання та оптимізація мовних кодеків для застосування в системах стільникового зв'язку низьких генерацій.
6. Моделювання та оптимізація мовних кодеків для застосування в системах стільникового зв'язку високих генерацій.
7. Моделювання та оптимізація частотного лінійного ущільнення-розділення радіоканалів в системах електронних комунікацій.
8. Моделювання та оптимізація часового лінійного ущільнення-розділення радіоканалів в системах електронних комунікацій.
9. Моделювання та оптимізація розділення каналів за формулюванням систем електронних



комунікацій.

10. Моделювання та оптимізація цифрового мажоритарного ущільнення - розділення каналів системах електронних комунікацій.
11. Моделювання та оптимізація нелінійного рівневого ущільнення - розділення каналів системах електронних комунікацій.
12. Моделювання та оптимізація цифрового мажоритарного ущільнення - розділення каналів системах електронних комунікацій.
13. Моделювання та оптимізація логарифмічного нелінійного ущільнення - розділення каналів системах електронних комунікацій.
14. Оптимізація застосування каналного кодування (НЧ кодування) для застосування із заданою лінією передачі.
15. Моделювання та оптимізація радіоканалів із квадратурними сигналами.
16. Моделювання та оптимізація процесів виділення піднесівної в радіоканалах із автономною синхронізацією.
17. Моделювання та оптимізація каналу зв'язку із застосуванням ортогональної частотної модуляції.
18. Моделювання та оптимізація цифрового завадостійкого блочного бінарного кодування для роботи по радіолініям із стохастичними завадами.
19. Моделювання та оптимізація цифрового завадостійкого циклічного кодування для роботи по радіолініям із стохастичними завадами.
20. Моделювання та оптимізація цифрового завадостійкого згорткового кодування для роботи по радіолініям із стохастичними завадами.
21. Моделювання та оптимізація цифрового завадостійкого небінарного кодування для роботи по радіолініям із стохастичними завадами.
22. Моделювання та оптимізація використання хаотичних генераторів для завдань створення каналних піднесівних радіотехнічних систем.
23. Моделювання та оптимізація нелінійних динамічних систем передачі даних із хаотичним маскуванням.
24. Моделювання та оптимізація нелінійних динамічних систем передачі даних із нелінійним підмішуванням.
25. Моделювання та оптимізація нелінійних динамічних систем передачі даних із перемиканням хаотичних режимів.
26. Моделювання та оптимізація забезпечення хаотичної синхронізації в нелінійних динамічних системах.

Оцінювання курсової роботи здійснюється за інституційною чотирибальною шкалою та шкалою ЄКТС за видами робіт і ваговими коефіцієнтами. Оцінка «відмінно/А» виставляється за високоякісно виконану роботу, де немає помилок, оригінальність моделі, дотримання вимог методичних рекомендацій до виконання курсової роботи. Доповідь і захист роботи обґрунтовані, виявлені комплексні знання зі спеціальних дисциплін стосовно теми курсової роботи.

Оцінка «добре/В» виставляється за якісне виконання курсової роботи за умови однієї-двох незначних помилок або недосить впевненої відповіді на одне-два питання комісії.

Оцінка «добре/С» виставляється за якісно виконану роботу, дотриманні усіх вимог, що пред'являються до курсової роботи, за дві-три незначні помилки в кресленні чи пояснювальній записці, не чіткі відповіді на два-три питання комісії.

Оцінка «задовільно/Д» виставляється, якщо в пояснювальній записці виявлені помилки, є незначні порушення вимог до оформлення роботи, невпевнені відповіді на основні питання з тематики виконаної роботи.

Оцінка «задовільно/Е» виставляється, якщо в курсовій роботі виявлені суттєві помилки в оформленні та пояснювальній записці, неправильно обґрунтовані прийняті рішення, наявні грубі помилки під час відповідей на запитання членів комісії, невпевнений захист роботи в цілому.

Оцінка «незадовільно/ФХ/Ф» виставляється, якщо в курсовій роботі вибрані неправильні

методи моделювання, або за невідповідність змісту пояснювальної записки затвердженій темі (варіанту) курсової роботи, а також коли студент не орієнтується в тому, що виконав. У такому випадку студент представляє виправлену роботу на повторний захист, або йому видається нова тема роботи і призначається термін її виконання і захисту.

**Таблиця – Структурування курсової роботи за видами робіт і ваговими коефіцієнтами**

Оцінка за якість виконання		Оцінка за якість захисту	
Пояснювальна записка	Графічна частина	Презентація	Відповіді на запитання
ВК: 0,3	0,3	0,1	0,3

### 3. ТЕХНОЛОГІЇ ТА МЕТОДИ НАВЧАННЯ

Процес опанування дисципліни «Моделювання і оптимізація радіотехнічних засобів електронних комунікацій» 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 лабораторних робіт в дистанційному форматі, опрацювання та оформлення результатів лабораторних робіт за допомогою спеціалізованих програм радіотехнічного спрямування, 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 та курсової роботи.

Традиційними технологіями освітнього середовища є: викладання лекційного матеріалу із застосуваннями візуалізації на дошці за допомогою водяних маркерів (ручок), виконання лабораторних робіт за допомогою систем автоматизованого імітаційного проектування широкого застосування, 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 лабораторні заняття за навчальним планом, засоби поточного контролю реалізуються в рамках виконання 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;
- контроль якості оформлення звітів лабораторних робіт та відповідність його стандартам університету;
- усний захист за результатами підготовки та виконання лабораторної роботи;
- презентація та захист індивідуальних завдань (рефератів);
- рівень допомоги у створенні програмних засобів автоматизації та моделювання;
- письмове опитування (контрольна роботи) як засіб проміжного контролю опанування лекційного матеріалу.

Семестровий підсумковий контрольний захід проводиться у формі письмової контрольної роботи наприкінці семестру та вбирає в себе контроль набутих компетенцій за усіма формами навчального навантаження передбачених навчальним планом дисципліни. Формування остаточної (семестрової) оцінки за опанування дисципліни відбувається на основі врахування результатів різних методів поточного контролю та за результатами підсумкового контролю відповідно ваговим коефіцієнтам (див. нижче). Студент, який набрав позитивний середньозважений бал за поточну роботу, але негативний за підсумковий контрольний захід вважається невстигаючим.

Захист курсової роботи реалізується наприкінці семестру після оформлення звіту за стандартами ХНУ.

## 5. ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ СТУДЕНТІВ У СЕМЕСТРІ

Кожний різновид контролю з дисципліни «Моделювання і оптимізація радіотехнічних засобів електронних комунікацій» 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 *лабораторне заняття*, складається із наступних елементів:

- результати захисту та якість оформлення завдання для підготовки до лабораторної роботи;
- рівень опанування методик моделювання та методів оптимізації 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 вважається своєчасним, якщо студент оформив та захистив роботу на наступному після виконання роботи аудиторному занятті (не більше 2 тижнів). Пропущене аудиторне лабораторне 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 (іспит) виконується в письмовій формі під час сесії. Завдання підсумкової роботи включає в себе 2-4 теоретичних запитання та 1-2 практичних завдання. Кожне запитання є елементом контролю та оцінюється за чотирибальною шкалою. Сумарна оцінка є середньоарифметичним значенням оцінювання кожного елемента.

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 оптимізації, представлення та використання результатів лабораторних робіт; спроможність аргументовано обґрунтовувати свої судження та представлення. Відмінна оцінка передбачає наявність компетенції 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 робіт, творча активність не виявлена.

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

Аудиторна робота	Тестування	Семестровий контроль
Лабораторні роботи № 1-9	Тестовий контроль Т1-3	Іспит
Ваговий коефіцієнт - 0,3	Ваговий коефіцієнт - 0,3	Ваговий коефіцієнт - 0,4

Електронне тестування проводиться в онлайн режимі в модульному середовищі для навчання в рамках самостійної роботи. Для перевірки самостійності проходження електронних тестів тестування може бути проведено під час аудиторних робіт або під час консультації під наглядом викладача. Кожен електронний тест складається із 15-35 тестових завдань та охоплює тематику розділу курсу. Кожне тестове завдання оцінюється одним балом. Результати тесту пропорційно приводяться до 5-ти бальної дробової інституційної інтервальної шкали балів та фіксуються у загальному рейтингу за 4-бальною шкалою за таблицею, наведеною нижче.

**Співвідношення між оцінкою за 4-бальною шкалою та відсотком правильних відповідей під час тестування**

Відсоток правильних відповідей у тесті	0%-59%	60%-74%	75%-89%	90%-100%
Оцінка за 4-бальною шкалою	2	3	4	5

Для відповіді на кожне завдання під час електронного тестування відводиться не більше 2 хвилин (залежно від тесту), наступна спроба проходження тесту можлива не раніше як за годину після закінчення попередньої. Кількість спроб виконання електронного тесту не більше 5. Кінцевий результат виставляється за найкращою спробою. У випадку отримання негативної оцінки тестування проводиться повторно, не раніше ніж за тиждень в установленому порядку, але обов'язково до терміну наступного контролю.

Перевірка та апеляція результатів тестування мають бути реалізовані до наступного аудиторного заняття. 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

Оцінка ЄКТС	Інституційна інтервальна шкала балів	Інституційна оцінка, 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. Що називається моделлю радіотехнічних засобів електронних комунікацій?
2. Із якими різновидами моделей радіотехнічних засобів ви зустрічалися в попередніх курсах?
3. Як узагальнено класифікують моделі, наведіть основні класифікаційні ознаки узагальнених моделей?
4. Які існують класичні та некласичні способи побудови моделей?
5. Які різновиди моделей називають фізичними. Які різновиди моделей застосовують для радіотехнічних засобів?
6. Які існують методи моделювання радіотехнічних засобів електронних комунікацій?
7. Вкажіть особливості та відмінності аналітичного моделювання радіоелектронних засобів? Імітаційного моделювання? Математичного моделювання?
8. Які переваги та недоліки імітаційного моделювання електронних комунікацій?
9. Сформулюйте постановку завдання моделювання та завдання оптимізації радіоелектронних засобів?
10. Вкажіть відмінність понять таких завдань дослідження: завдання ідентифікації; завдання управління; завдання прогнозування?
11. У чому полягають основні положення системного підходу до побудови моделей радіотехнічних засобів?
12. Вкажіть основні особливості та базові технології імітаційного моделювання радіотехнічних засобів?
13. Вкажіть можливості щодо математичного моделювання радіотехнічних систем, наведіть приклади моделювання?
14. Як представляється та аналізується концептуальна модель радіотехнічних засобів та радіотехнічних систем?
15. Які характерні етапи та особливості генерації концептуальної моделі радіотехнічних засобів та систем?
16. Для яких моделей під час моделювання та оптимізації застосовують генератори випадкових значень фізичних величин?
17. Які інтегральні та диференціальні закони розподілу переважно застосовують для моделювання процесів в радіотехнічних засобах електронних комунікацій?
18. Які критерії оптимізації використовують для покращення ТТХ радіоелектронних засобів?
19. Що обумовлює визначення відповідності інтегрального закону розподілу стохастичної величини і де застосовується критерій  $\chi^2$ -квадрат?
20. Дайте визначення задачі ідентифікації функціональної або випадкової залежності

комбінованого процесу модуляції в радіотехнічних засобах.

21. Як досліднику визначити функціональну залежність між змінними моделі в радіотехнічних сигналах під час певного різновиду модуляції?

22. Використання математичних методів моделювання апроксимації, інтерполяції та екстраполяції під час моделювання передавальних характеристик радіотехнічних засобів?

23. За якими критеріями визначаються параметри функціональної залежності перетворення сигналів в радіотехнічних засобах електронних комунікацій?

24. Основи регресивного аналізу. Система умовних та нормальних рівнянь?

25. Яка мета досягається під час застосування для радіотехнічних процесів кореляційно-регресійного аналізу?

26. Застосування нормованої шкали Чеддока під час моделювання та оптимізації радіотехнічних засобів електронних комунікацій?

27. За яким критерієм можливо оцінити рівень значущості параметрів функціональної залежності перетворення сигналів в радіотехнічних засобах?

28. Опишіть суть відмінності методів гладкої та негладкої багатокритеріальної оптимізації ТТХ радіотехнічних засобів?

29. Вкажіть етапи побудови комплексної моделі часового прогнозування стабільності виконання функцій радіотехнічними засобами електронних комунікацій?

## 8. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

### Основна

1. Рябенкий В.М. Моделювання пристроїв обробки цифрових сигналів : Навч. Посібник / Рябенкий В.М. , Солобутко Л.В. – К.: Видавничий дім «Кондор», 2021. – 352 с.

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

3. Шолохов С. М Основи теорії і практики використання Matlab для цифрової обробки сигналів : навч. посіб. / С. М. Шолохов, І. І. Самборський, Б. А. Ніколаєнко, Р. Ю. Сбоев. – Київ : ІСЗЗІ КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 226 с.

4. Данилов В. Я. Синергетичні методи аналізу : навч. посіб. / В. Я. Данилов, А. Ю. Зінченко. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 113 с.

5. Моделювання і оптимізація радіотехнічних засобів електронних комунікацій : конспект лекцій для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 172 «Електронні комунікації та радіотехніка» / О. С. Пивовар, С. К. Підченко, О. Я. Кучерук. Хмельницький : ХНУ, 2024. 78 с.

### Допоміжна

1. Моделювання систем: навч. посіб. [Електронний ресурс, текст] / І. В. Стеценко ; М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Черкаси : ЧДТУ, 2015. – 399 с.

2. Ю.О. Ушенко, М.С. Гавриляк, М.В. Талах, В.В. Дворжа Основи та методи цифрової обробки сигналів: від теорії до практики, Навчальний посібник, Чернівці, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, 2021, 308 с.

3. Основи теорії і практики використання Matlab для цифрової обробки сигналів [Електронний ресурс] : навч. посіб. для курсантів (студентів, аспірантів), які навчаються в Інституті за спеціальностями: “Електронні комунікації та радіотехніка”, “Комп’ютерні науки”, “Кібербезпека” / Шолохов С. М., Самборський І. І., Ніколаєнко Б. А., Сбоев Р. Ю. ; ІСЗЗІ КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 8.29 Мбайт). – Київ : ІСЗЗІ КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 226 с. – Назва з екрана.

4. Моделювання та оптимізація систем: підручник / В. М. Дубовой, Р. Н. Кветний, О. І. Михальов, А. В. Усов. – Вінниця : ПП «ТД«Еднльвейс», 2017. – 804 с.

5. Математичне моделювання систем і процесів: навч. посіб. / Павленко П. М., Філоненко С. Ф., Чередніков О. М., Трейтяк В. В. – К. : НАУ, 2017. – 392 с.

6. Телекомунікаційні та комп'ютерні системи та мережі: методичні вказівки до лабораторних робіт для студентів спеціальності 172 «Електронні комунікації та радіотехніка» / О. С. Пивовар. – Хмельницький : ХНУ, 2019. – 96 с.

7. A multi-criteria approach to decision-making in telecommunication network components selection / S. Pidchenko, O. Kucheruk, O.Pyvovar,V. Stetsiuk, V.Mishan// Radioelectronic and Computer Systems.-2023.-№1 –P.155-165 (DOI: 10.32620/reks. 2023.1.13 )

8 Multi-criteria model for selection of optical linear terminals based on FUZZY TOPSIS method / S. Pidchenko, O. Kucheruk, I.Drach,O.Pyvovar, Radioelectronic and Computer Systems.-2024.-№1(109) –P.65-75 DOI: 10.32620/reks.2024.1.06

9. Пивовар О. С. Полігармонічний виявник слабких сфінгометричних сигналів/ О. С.Пивовар, С. К.Підченко, А. А.Таранчук // Вісник ХНУ. - 2022. - №2 – С.133-141

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

11. Моделювання і оптимізація радіотехнічних засобів електронних комунікацій: методичні рекомендації до курсової роботи для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 172 Електронні комунікації та радіотехніка / О.С. Пивовар– Хмельницький: ХНУ, 2024. – 40 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](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>.