

Рекомендовано  
на засіданні кафедри  
транспортного зв'язку  
прот. № 1 від 11.09.2023 р.

СИЛАБУС З ДИСЦИПЛІНИ  
**ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ СИСТЕМИ  
ПЕРЕДАЧІ**

Освітній рівень перший (бакалаврський)

Галузь знань 17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації

Спеціальність 172 Електронні комунікації та радіотехніка

Освітня програма Телекомунікації та радіотехніка

Проведення занять згідно розкладу <http://rasp.kart.edu.ua/>

Команда викладачів:

Лектор:

Трубчанінова Карина Артурівна (доктор технічних наук, професор),

Контакти: +38 (057) 730-10-81, e-mail: [tz@kart.edu.ua](mailto:tz@kart.edu.ua)

Асистент лектора:

Трубчанінова Карина Артурівна (доктор технічних наук, професор),

Контакти: +38 (057) 730-10-81, e-mail: [tz@kart.edu.ua](mailto:tz@kart.edu.ua)

Години прийому та консультації: понеділок з 14.10-15.30

Веб сторінка курсу: <http://do.kart.edu.ua/>

Додаткові інформаційні матеріали: <http://metod.kart.edu.ua>

У програмі курсу викладено базові принципи і технології транспортування інформації, що застосовуються в сучасних телекомунікаційних цифрових мережах. Детально розглянуті технології як синхронного, так і асинхронного режимів перенесення інформації. Виклад методів мультиплексування передачі і комутації здійснюється в аспектах реалізації конкретних режимів. Представлені найбільш просунуті технології, що забезпечують передачу високошвидкісних цифрових потоків в синхронних, асинхронних і повністю оптичних мережах.

### Чому ви маєте обрати цей курс?

Якщо Вас цікавлять питання функціонування, проектування та експлуатації сучасних телекомунікаційних систем та мереж, то Вам потрібно саме цей курс!

Від здобувачів очікується: базове розуміння телекомунікаційних систем та мереж, основи формування, передачі та прийняття сигналів, а також обізнаність в питаннях проектування та функціонування телекомунікаційних систем передачі.

Перша частина курсу присвячена загальним відомостям телекомунікаційних мереж та систем, особливостям формування та обробки сигналів та принципам мультиплексування в телекомунікаційних системах передачі, а друга частина курсу – принципам функціонування плезіохронних, синхронних та повністю оптичних цифрових ієрархій, системам управління мережами електров'язку TMN.

Команда викладачів і Ваші колеги будуть готові надати будь-яку допомогу з деякими з найбільш складних аспектів курсу по електронній пошті і особисто – у робочий час.

### Огляд курсу

Цей курс, який вивчається два семестри, дає студентам здатність формування теоретичних та практичних знань та звичок, що необхідні для грамотного проектування сучасних телекомунікацій: вибору середовища передачі, розрахунку необхідних параметрів приймально-передавальних пристроїв з метою забезпечення необхідних показників якості передачі даних.

Курс складається з лекцій, практичних занять та лабораторних занять, а також курсового проекту. Курс супроводжується пояснювально-ілюстративним та наочним матеріалом. Студенти матимуть можливість застосовувати отримані знання та вирішувати практичні завдання протягом обговорень на заняттях та виконання курсового проекту.

### Схема курсу

<b>Поміркуй</b>	Лекції	<b>Виконай</b>
	Матеріал для самостійної роботи	
	Обговорення на заняттях	
	Лабораторні заняття	
	Практичні заняття	
	Курсовий проект	
	Консультації	
	Екзамен	

Вивчення в лекційному курсі теоретичних основ систем передачі доповнюється лабораторними заняттями, метою яких є закріплення теоретичних знань у галузі телекомунікаційних систем передачі.

Метою практичних занять є набуття практичних навичок з інженерних методів розрахунку телекомунікаційних систем передачі та проектування телекомунікаційних мереж.

Ряд розділів і питань курсу виносяться на самостійне вивчення під керівництвом і контролем викладача.

### **Опис навчальної дисципліни.**

Кількість кредитів – 10 (для скороченої форми навчання - 9).

Загальна кількість годин вивчення дисципліни – 300 (для скороченої форми навчання - 270).

Кількість годин відведена на проведення лекцій – 60.

Кількість годин відведена на самостійну роботу – 165 (для скороченої форми навчання - 135).

Курс навчання – 3, 4 курси (для скороченої форми навчання - 2, 3 курси).

Термін викладання – 2 семестри.

### **Ресурси курсу**

Інформація про курс розміщена на сайті Університету (<http://metod.kart.edu.ua/>), включаючи навчальний план, матеріали, завдання та правила оцінювання курсу).

Додатковий матеріал та посилання на електронні ресурси доступні на сайті Університету у розділі «дистанційне навчання» поряд із питаннями, над якими необхідно поміркувати під час підготовки для обговорення на заняттях. Необхідна підготовка повинна бути завершена до початку наступного заняття. Ви повинні бути готовими до дискусій та мозкових штурмів – ми хочемо знати, що Ви думаєте!

Приклади питань для обговорення на заняттях:

- 1) Поясніть принципи функціонування телекомунікаційних мереж.
- 2) Наведіть загальну схему методів мультиплексування сигналів в телекомунікаційних системах.
- 3) Наведіть структуру синхронного транспортного модулю STM-16.

### **Теми курсу**

**Тема 1.** Телекомунікаційні мережі. Особливості формування та обробки сигналів в телекомунікаційних системах передачі.

**Тема 2.** Дискретизація за часом, квантування за рівнем та кодування. Компаундування (стиск динамічного діапазону).

**Тема 3.** ІКМ з попередженням.

**Тема 4.** Методи цифрового лінійного кодування.

**Тема 5.** Принципи мультиплексування в системах телекомунікацій.

**Тема 6.** Плезіохронна та синхронна цифрові ієрархії.

**Тема 7.** Повністю оптичні телекомунікаційні системи передачі.

**Тема 8.** Системи управління мережами електрозв'язку TMN.

**Тема 9.** Технологія абонентського доступу по цифровим абонентським лініям.

### **Лекції, лабораторні заняття, практичні заняття**

Список основних лекцій курсу наведений нижче. Пильнуйте за змінами у розкладі.

#### **Теми лекцій.**

Вступ. Телекомунікаційні мережі та їх функції. Способи подання транспортних мереж. Технічні засоби транспортних мереж.

Дискретизація за часом, квантування за рівнем та кодування. Компаундування (стиск динамічного діапазону).

Диференційна ІКМ (ДІКМ). Дельта – модуляція (ДМ). Кодування з адаптивним пророкуванням. Кодування з розбиттям на піддіапазони.

Вимоги до методів цифрового кодування. Методи цифрового кодування. Логічне кодування. Виділення цифрових сигналів на фоні шумів та завад. Методи виявлення сигналів. Імовірність помилки. Оцінка імовірності помилки.

Загальна схема методів мультиплексування сигналів. Частотне мультиплексування сигналів (FDM). Оптичне частотне (хвильове) мультиплексування сигналів (WDM). Часове мультиплексування сигналів (TDM.) Оптичне часове мультиплексування сигналів (OTDM). Кодове мультиплексування сигналів (CDM). Системи оптичного множинного доступу з кодовим мультиплексуванням сигналів (O-CDMA). Системи первинного групоутворення.

Плезіохронна цифрова ієрархія PDH. Синхронна цифрова ієрархія SDH. Принципи розміщення контейнерів і блоків STM-1. Розміщення цифрових потоків PDH у контейнерах SDH. Трактовий і секційний заголовки. Показники. Виявлення помилок у системі SDH. Апаратура мереж SDH. Базові топології мереж SDH. Синхронізація в цифрових системах передачі.

Повністю оптичні мережі WDM. Волоконно-оптичні системи з солітонною передачею. Визначення оптичного солітону. Нелінійні оптичні ефекти в скловолокні та існування солітонів. Принципи побудови солітонних волоконно-оптичних систем передачі.

Вимірювання й моніторинг WDM систем. Короткий огляд оптичного моніторингу. Рефлектометри при вимірюванні параметрів оптичних компонентів. Оптичні аналізатори спектра при вимірюванні параметрів оптичних компонентів. Тестування елементів WDM системи.

Загальні принципи TMN. Функціональна архітектура TMN. Інформаційна архітектура TMN. Фізична архітектура TMN. Практична реалізація TMN. Особливості побудови систем управління мережами SDH.

Принципи побудови мереж абонентського доступу.

Класифікація технологій абонентського доступу по цифровим абонентським лініям (xDSL).

Види кодування і модуляції в технологіях xDSL.

### **Теми практичних занять.**

Вибір і обґрунтування системи спектрального ущільнення.

Елементна база WDM систем.

Енергетичний розрахунок волоконно-оптичного лінійного тракту з хвильовим розподілом каналів.

Вибір топології проекрованої первинної мережі зв'язку на основі SDH.

Розрахунок довжини ділянок регенерації й кількості регенераторів мережі зв'язку на основі SDH.

Синхронізація проекрованої первинної мережі зв'язку на основі SDH.

Розрахунок обсягу обладнання вузла проекрованої первинної мережі зв'язку на основі SDH.

Розрахунок показників надійності лінійного тракту проекрованої первинної мережі зв'язку на основі SDH.

Розрахунок пропускної здатності для проекрованої мережі доступу.

Розрахунок параметрів лінії при використанні технології ADSL.

Розрахунок пропускної здатності системи мережі доступу.

### **Теми лабораторних занять.**

Дослідження процесів дискретизації за часом, квантування за рівнем та кодування.

Дослідження системи ІКМ з проרוкуванням.

Дослідження компандування дискретизованих сигналів за А та  $\mu$ - законами компандування.

Дослідження принципів лінійного кодування та скремблювання цифрових сигналів.

Дослідження асинхронного та синхронного об'єднання цифрових сигналів.

Вивчення цифрових систем передачі PDH.

Вступ до SDH.

Цикли SDH. Структура циклу.

Мультиплексування в SDH.

Аналіз заголовків SDH.

Аналіз корисного навантаження SDH.

Показники корисного навантаження.

Компонентні блоки SDH.

Управління мережею SDH.

Дослідження впливу нелінійних ефектів в системах DWDM на енергетичні характеристики сигналу.

Дослідження зміни рівня потужності сигналу, а також величини відношення сигнал/шум, з урахуванням втрат через вплив нелінійних ефектів.

Дослідження параметрів лінії при використанні технології ADSL.

## Правила оцінювання

При заповненні заліково-екзаменаційної відомості та залікової книжки (індивідуального навчального плану) студента, оцінка, виставлена за 100-бальною шкалою, переводиться до державної шкали (5, 4, 3) та шкали ECTS (A, B, C, D, E).

Визначення назви за державною шкалою(оцінка)	Визначення назви за шкалою ECTS	За 100 бальною шкалою	ECTS оцінка
<b>ВІДМІННО – 5</b>	<b>Відмінно</b> – відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок	90-100	A
<b>ДОБРЕ – 4</b>	<b>Дуже добре</b> – вище середнього рівня з кількома помилками	82-89	B
	<b>Добре</b> – в загальному правильна робота з певною кількістю грубих помилок	75-81	C
<b>ЗАДОВІЛЬНО - 3</b>	<b>Задовільно</b> - непогано, але зі значною кількістю недоліків	69-74	D
	<b>Достатньо</b> – виконання задовольняє мінімальні критерії	60-68	E
<b>НЕЗАДОВІЛЬНО - 2</b>	<b>Незадовільно</b> – потрібно попрацювати перед тим як отримати залік або екзамен (без повторного вивчення модуля)	35-59	FX
	<b>Незадовільно</b> - необхідна серйозна подальша робота (повторне вивчення модуля)	<35	F

### Лабораторні заняття

Оцінюються за ступенем залученості (до 15 балів) та виконання завдання (до 15 балів). Ступінь залученості визначається рівнем виконання завдань індивідуальної роботи. Максимальна сума становить 30 балів.

### Практичні заняття

Оцінюються за ступенем залученості (до 15 балів) та виконання завдання (до 15 балів). Ступінь залученості визначається рівнем виконання завдань самостійної роботи. Максимальна сума становить 30 балів.

### Модульний контроль

Оцінюються за вірними відповідями на тестові модульні питання (15 питань в тесті). Максимальна кількість становить 40 балів за модуль.

### Екзамен

Підсумковий контроль знань здійснюється шляхом обчислення середньоарифметичної суми балів двох модульних оцінок за 100-бальною шкалою (без складання екзамену) або

проводження екзамену шляхом комп'ютерного тестування або відповідей на питання екзаменаційних білетів.

### **Курсовий проект**

Захист курсового проекту здійснюється перед комісією у складі науково-педагогічних працівників кафедри шляхом опитування.

### **Результати навчання**

Результати навчання за даним курсом:

**РН5.** Вміння проводити розрахунки елементів телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних та телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного та радіомовлення, згідно технічного завдання у відповідності до міжнародних стандартів, з використанням засобів автоматизації проектування, в т.ч. створених самостійно.

**РН7.** Здатність брати участь у проектуванні нових (модернізації існуючих) телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних, телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем, в тому числі на залізничному транспорті, та систем телевізійного та радіомовлення тощо.

**РН8.** Вміння застосовувати сучасні досягнення у галузі професійної діяльності з метою побудови перспективних телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних, телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного та радіомовлення тощо. в тому числі на залізничному транспорті.

### **Команда викладачів:**

Трубчанінова Карина Артурівна (<http://kart.edu.ua/pro-kafedry-tz-ua/kolectuv-kafedru-tz-ua/trubchaninova-ka-ua>) – лектор з курсу в УкрДУЗТ. Отримала ступінь д.т.н. за спеціальністю 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти в НТУ «ХПІ» у 2021 році. Напрямки наукової діяльності: проектування та дослідження телекомунікаційних і інформаційних систем (підсистем, окремих компонентів) та мереж залізничного транспорту; розробка методів, алгоритмів, моделей та систем передачі, розподілу та обробки інформації.

### **Кодекс академічної доброчесності**

Порушення Кодексу академічної доброчесності Українського державного університету залізничного транспорту є серйозним порушенням, навіть якщо воно є ненавмисним. Кодекс доступний за посиланням:

<http://kart.edu.ua/documentu-zvo-ua>

Зокрема, дотримання Кодексу академічної доброчесності УкрДУЗТ означає, що вся робота на іспитах та заліках має виконуватися індивідуально. Під час виконання самостійної роботи студенти можуть консультуватися з викладачами та з іншими студентами, але повинні самостійно розв'язувати завдання, керуючись власними знаннями, уміннями та навичками. Посилання на всі ресурси та джерела (наприклад, у звітах, самостійних роботах чи презентаціях) повинні бути чітко визначені та оформлені належним чином. У разі спільної роботи з іншими студентами над виконанням індивідуальних завдань, ви повинні зазначити ступінь їх залученості до роботи.

### **Інтеграція студентів із обмеженими можливостями**

Вища освіта є провідним чинником підвищення соціального статусу, досягнення духовної, матеріальної незалежності і соціалізації молоді з обмеженими функціональними можливостями й відображає стан розвитку демократичних процесів і гуманізації суспільства.

Для інтеграції студентів із обмеженими можливостями в освітній процес Українського державного університету залізничного транспорту створена система дистанційного навчання на основі сучасних педагогічних, інформаційних, телекомунікаційних технологій.

Доступ до матеріалів дистанційного навчання з цього курсу можна знайти за посиланням: <http://do.kart.edu.ua/>

### **Політика курсу:**

Курс передбачає роботу в команді.

Середовище в аудиторії є дружнім, творчим, відкритим до конструктивної критики.

Усі завдання, передбачені програмою, мають бути виконані у встановлений термін.

Якщо слухач відсутній з поважної причини, він/вона презентують виконані завдання під час самостійної підготовки та консультації викладача.

Під час роботи над індивідуальним завданням не допустимо порушення академічної доброчесності.

Презентації та виступи мають бути авторськими оригінальними.