

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

СИЛАБУС З ДИСЦИПЛІНИ  
**ІННОВАЦІЙНІ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ  
СИСТЕМИ ПЕРЕДАЧІ**

Освітній рівень другий (магістерський)

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>

Завданнями викладання курсу «Інноваційні телекомунікаційні системи передач» є вивчення загальних принципів побудови і функціонування високошвидкісних засобів оптичного та бездротового зв'язку. Крім того, метою викладання курсу є ознайомлення студентів з нормуванням параметрів якості передачі по каналах і трактах радіотехнічних та оптичних систем на залізничному транспорті. Метою викладання дисципліни також є ознайомлення студентів з національними і міжнародними стандартами в галузі телекомунікацій та перспективами розвитку телекомунікаційних системи передач.

### **Чому ви маєте обрати цей курс?**

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

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

Перша частина курсу присвячена оптичним системам передачі залізничного транспорту. Відбувається перехід мереж від ієрархій SDH та NG SDH до систем OTN, основною перевагою яких є забезпечення передачі і мультиплексування цифрових даних по хвильовим каналах DWDM більш ефективно, ніж SDH; забезпечення зворотної сумісності з SDH, так як для мультиплексорів OTN трафік SDH є одним з видів призначеного для користувача трафіку поряд з такими клієнтами, як Ethernet і GFP, а також те, що OTN не замінює технології DWDM, а доповнює її хвильові канали “цифровою оболонкою” (вихідний сигнал структурується і до нього додається додаткова службова інформація).

Друга частина курсу – питанням розвитку рухомої широкосмугового мережі. Відбувається перехід мереж від 2G до 5G, основною характеристикою яких є зростання швидкості передачі даних з 14,4 кбіт / с до 20 Гбіт / с. Велика увага присвячена стандарту 4G(LTE) зі спільною працею зі стандартом 802.11 (Wi-Fi) та 802.16 (WiMAX).

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 телекомунікаційні системи передач: оптичних і радіосистем.

**Схема курсу**

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

Курс складається з лекцій, практичних занять та лабораторних занять. Курс супроводжується пояснювально-ілюстративним та наочним матеріалом. Студенти матимуть

можливість застосовувати отримані знання та вирішувати практичні завдання протягом обговорень на заняттях.

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

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

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

## **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 оптичних систем передачі інформації на залізничному транспорті.
- 2) Етапи розвитку та принципи функціонування технології LTE.
- 3) Принцип розрахунку дальності бездротового каналу Wi-Fi.

## **Опис навчальної дисципліни.**

Кількість кредитів – 5.

Загальна кількість годин вивчення дисципліни – 150.

Кількість годин відведена на проведення лекцій – 8.

Кількість годин відведена на самостійну роботу – 110.

Рік та курс навчання – 2 курс.

Термін викладання – 1 семестр.

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

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

### **Теми лекцій.**

Вступ. Предмет вивчення і задачі дисципліни. Місце дисципліни в учбовому плані. Інновації на світовому ринку телекомунікаційних послуг.

Введення в технологію хвильового мультиплексування WDM. Модель взаємодії основних технологій SDH / SONET, ATM, IP (Ethernet) і WDM. Блок-схема систем з WDM. Методи передачі WDM-обладнання. Односпрямована WDM-система. Двонаправлена WDM-система. Вузкосмугові та широкосмугові системи WDM. Канальний план. Класифікація WDM на основі канального плану. Технологія з щільним спектральним розділенням каналів DWDM та з грубим (нещільним) спектральним розділенням каналів CWDM. Типові топології систем DWDM.

Оптичне волокно. Типи сучасних оптичних волокон. Стандартне одномодове волокно зі ступінчатим профілем SF. Одномодове волокно зі зсунутою дисперсією DSF. Одномодове волокно з ненульовою зсунутою дисперсією NZDSF. Параметри волокна, що впливають на ефективність роботи елементів WDM-систем. Хроматична та поляризаційна дисперсії. Нелінійні явища. Фазова самомодуляція. Фазова крос-модуляція. Чотирьоххвильове змішання. Вимушене зворотне розсіювання Бріллюена - Мандельштама. Вимушене комбінаційне розсіювання (Рамана). Параметри мультиплексорів/демультиплексорів, що впливають на

ефективність роботи елементів WDM-систем. Параметри оптичних підсилювачів, що впливають на ефективність роботи елементів WDM-систем.

Компоненти систем DWDM. Передавальний та приймальний оптичний модуль. Принцип роботи, конструкція та основні технічні характеристики полупровідникових світлодіодів та лазерів. Принцип роботи, основні вимоги. p-n, p-i-n та лавинні фотодіоди. Принцип дії порівняльна характеристика. Система обробки сигналів приймального оптичного модулю. Види і методи модуляції оптичної несучою. Порівняльна характеристика ідеальної і реальної системи зв'язку. Структурна схема оптичного приймача. Критерії вибору характеристик фільтру. Око-діаграма, призначення, принцип побудови.

Компоненти систем DWDM. Оптичні мультиплектори (демультиплектори). Призначення, принцип дії, класифікація, приклади реалізації. Оптичні комутатори та маршрутизатори. Оптичні вентиля та фільтри. Оптичні перетворювачі: конвертори довжин хвиль і транспондери. Оптичні розгалужувачі і атенюатори. Компенсатори дисперсії. Волоконно-оптичні підсилювачі на основі рідкоземельних елементів. Оптичні підсилювачі на основі ефекту розсіювання.

Етапи розвитку та принципи функціонування технології LTE. Принципи організації нисхідного радіоканалу. Формування OFDM. Структура кадру Downlink. Фізичні канали Downlink. Фізичні сигнали. Опорні сигнали. Сигнали синхронізації. Принципи організації висхідного радіоканалу. Фізичні канали Uplink. MAC рівень. Функції MAC рівня. Логічні канали. Мопінг логічних каналів. Uplink. Downlink. MAC Процедури. Процедура пошуку. Процедура пошуку стільників. Процедури випадкового доступу. Протоколи HARQ/ARQ. Багатоантенні рішення. Мережева архітектура SAE. Продуктивність. Механізм диспетчеризації. Регулювання потужності у визхідному каналі. LTE ADVANCED.

#### **Теми практичних занять.**

Розрахунок радіусу зони Френеля для безпроводового каналу.

Розрахунок дальності роботи безпроводового каналу зв'язку 802.11.

Попереднє планування безпроводової локальної мережі 802.11.

Робота з програмою D-Link Wi-Fi Planner Pro.

Розрахунок втрат на трасі радіоканалу по моделі Хата.

Розрахунок втрат на трасі радіоканалу по моделям Уолфіша-Ікегамі і Кся-Бертоні.

Оцінка втрат на трасі радіоканалу у випадку дифракції на клині при одній перешкоді.

Оцінка втрат на трасі радіоканалу у випадку дифракції на циліндрі.

Розрахунок параметрів мережі 802.11e (мобільний WiMAX).

#### **Теми лабораторних занять.**

Дослідження впливу ефекту самомодуляції.

Дослідження впливу ефекта перехресної фазової модуляції.

Ефект вимушеного розсіювання Рамана і Брілюена.

Чотирьох хвильове зміщення.

Розрахунок впливів нелінійних спотворень воптичному волокні на енергетичні характеристики сигналів.

### **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).

#### **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.

| 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           |

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

## Результати навчання

Результати навчання за даним курсом:

**РН 1.** Вирішувати задачі зі створення, експлуатації, технічного обслуговування об'єктів телекомунікаційної інфраструктури з дотриманням технічних вимог, у тому числі залізничного транспорту

**РН 3.** Виконувати інженерні розрахунки, порівняння та обґрунтування процесів розробки, проектування, побудови, експлуатації, ремонту, модернізації об'єктів телекомунікаційної інфраструктури, у тому числі технологічного зв'язку залізничного транспорту.

**РН 6.** Використовувати професійні знання й практичні навички для вирішення практичних завдань в галузі телекомунікацій та радіотехніки, зокрема з урахуванням особливостей технологічних процесів на залізничному транспорті, з усвідомленням власної етичної та соціальної відповідальності в особистій діяльності та/або в команді.

**РН 7.** Розробляти та пропонувати нові технічні рішення та застосовувати нові технології при реалізації телекомунікаційної інфраструктури, у тому числі в умовах залізничного транспорту.

**РН 8.** Вміти застосовувати у професійній діяльності універсальне і спеціалізоване програмне забезпечення, засоби сучасних телекомунікацій та радіотехніки.

## **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 консультиватися 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.