

Український державний університет залізничного транспорту

Рекомендовано
на засіданні кафедри
транспортного зв'язку
прот. № 1 від 12.09.2023 р.

СИЛАБУС З ДИСЦИПЛІНИ
РАДІОТЕХНІЧНІ СИСТЕМИ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ
I, II, III, IV семестри

Освітній рівень перший (бакалаврський)

Галузь знань 17 Телекомунікації та радіотехніка

Спеціальність 172 Телекомунікації та радіотехніка

Освітня програма Телекомунікації та радіотехніка

Проведення занять згідно розкладу <https://kart.edu.ua/osvita/portal-rz>

Команда викладачів:

Лектор:

Єлізаренко Андрій Олександрович (кандидат технічних наук, доцент),

Контакти: +38 (057) 730-10-82, e-mail: tz@kart.edu.ua

Асистент лектора:

Єлізаренко Андрій Олександрович (кандидат технічних наук, доцент),

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

Години прийому та консультації: понеділок з 14.10-15.30

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

Додаткові інформаційні матеріали: <http://lib.kart.edu.ua/handle/123456789/7566>

Харків

Анотація курсу

Радіотехнічні системи відіграють виключно важливу роль в забезпеченні управління рухом поїздів і підвищення безпеки перевізного процесу.

Метою навчальної дисципліни «Радіотехнічні системи залізничного транспорту» є набуття знань з основ теорії, принципів організації, проектування і технічного обслуговування систем технологічного радіозв'язку залізниць; ознайомлення з радіотехнічними пристроями, які використовуються для оперативного управління технологічними процесами в різних підрозділах залізничного транспорту.

Вивчення в лекційному курсі теоретичних основ і сучасних технічних засобів радіозв'язку доповнюється лабораторними та практичними заняттями, мета яких – ознайомлення з принципами організації і проектування мереж технологічного радіозв'язку на станціях і перегонах залізниць та надання практичних навичок роботи з апаратурою залізничного радіозв'язку, вивчення методів і приладів вимірювання параметрів радіо засобів. Розглядаються питання проектування радіомереж, визначення дальності радіозв'язку та розрахунків електромагнітної сумісності радіозасобів.

Чому ви маєте обрати цей курс?

Вивчивши цей курс Ви отримаєте знання з принципів організації, складу обладнання і характеристики мереж технологічного радіозв'язку, які використовуються на залізничному транспорті.

Ви зможете використовувати отримані знання при вирішенні практичних задач організації, проектування і інженерних розрахунків.

Такі ж питання вирішуються і важливі для операторів систем стільникового радіозв'язку.

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 з вересня по грудень, дає студентам глибоке розуміння особливостей функціонування радіотехнічних систем залізничного транспорту, що знайшли широке застосування в системах управління роботою залізничного транспорту.

Схема курсу

Поміркуй	Лекції	Виконай
	Матеріал для самостійної роботи	
	Обговорення на заняттях	
	Лабораторні заняття	
	Практичні заняття	
	Курсова робота	
	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 розрахунку зон радіопокриття та електромагнітної сумісності.

Ресурси курсу

Інформація про курс розміщена на сайті Університету (<https://do.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.

Опис навчальної дисципліни

Кількість кредитів – 24.

Загальна кількість годин вивчення дисципліни – 720.

Кількість годин відведена на проведення лекцій – 105.

Кількість годин відведена на самостійну роботу – 315.

Термін викладання – 3,4,5,6 семестр.

Теми курсу

Лекції, лабораторні заняття, практичні заняття

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

Теми лекцій

Змістовний модуль 1. Поширення радіохвиль та антенно-фідерні пристрої

Тема 1. Електростатичне поле та його характеристики. Магнітне поле та його характеристики. Стационарні електромагнітні поля.

Тема 2. Рівняння Максвелла для електромагнітного поля. Провідники та діелектрики в рівняннях Максвелла. Класифікація електромагнітних явищ за рівняннями Максвелла. Сторонні струми, заряди та поля в рівняннях Максвелла.

Тема 3. Енергія електромагнітного поля. Баланс потужності змінних електромагнітних полів.

Тема 4. Хвильовий характер електромагнітного поля. Енергія електромагнітного поля. Методи рішення системи диференціальних рівнянь Максвелла.

Тема 5. Хвилеводи та об'ємні резонатори. Основні типи хвиль в круглих та прямокутних хвилеводах.

Тема 6. Основи теорії випромінювання електромагнітних хвиль. Плоскі, циліндричні та сферичні хвилі.

Тема 7. Принципи випромінювання радіохвиль. Випромінювання диполя Герца та випромінювача Гюйгенса.

Тема 8. Розподіл струму і напруги в лінійних антенах. Антени різних діапазонів радіохвиль

Тема 9. Розповсюдження радіохвиль. Явища відбиття, дифракції та розсіяння радіохвиль. Зони які важливі при розповсюдженні та відбитті радіохвиль. Вплив тропосфери і іоносфери на умови поширення радіохвиль.

Тема 10. Поширення радіохвиль різних діапазонів. Особливості поширення радіохвиль в системах рухомого радіозв'язку.

Змістовний модуль 2. Радіопередавальні та радіоприймальні пристрої.

Радіорелейні та супутникові системи.

1. Загальні відомості про супутникові та радіорелейні системи передачі. Характеристика діапазону електромагнітних хвиль для систем супутникового та радіорелейного зв'язку.
2. Структурна схема супутникових та радіорелейних систем передачі (СРПС)
3. Поширення радіохвиль в атмосфері. Земні профілі: профіль траси, зони Френеля, кривизна Землі, відбиття від поверхні Землі
4. Проектування РРЛ. Типові роботи при виборі траси, поширення радіохвиль
5. Характеристики радіорелейних ліній. Характеристики систем відповідно до рек. G.826: параметри, характеристики якості.
6. Параметри антен та пасивних ретрансляторів. Енергетика радіорелейної лінії.
7. Передбачення характеристик радіорелейних систем. Основні принципи захисту за допомогою рознесення
8. Завади, що впливають на роботу РРЛ, їх характеристики. Вплив сигналу, що заважає, на граничне значення приймача
9. Організація зв'язку з допомогою штучних супутників Землі
10. Методи забезпечення багатостанційного доступу в системах супутникового зв'язку
11. Сигнально-кодові конструкції що використовуються в ССЗ
12. Енергетичний розрахунок і оптимізація параметрів супутникових мереж
13. Принципи побудови і основні параметри земних станцій і бортових ретрансляторів
14. Багатофункціональні бортові ретранслятори. Ретранслятори з обробкою сигналів
15. Вплив основних параметрів ССЗ на її ефективність
16. Завадостійкість і електромагнітна сумісність ССЗ
17. Підсумки вивчення дисципліни. Перспективи розвитку супутникових та радіорелейних систем передачі

Змістовний модуль 3. Стільникові мережі рухомого радіозв'язку.

1. Критерії вибору модуляційних форматів при цифровій передачі даних. Модуляційні формати цифрових стандартів системах рухомого зв'язку (РТС) другого, третього та четвертого покоління.
2. Множинний доступ з частотним розділенням каналів. Множинний доступ з часовим розділенням каналів. Множинний доступ з кодовим розділенням каналів. Реальна абонентська ємність СЗРО. Організація дуплексного режиму в мобільних системах.
3. Управління потужністю в каналах. Рознесене приймання сигналу. Подавлення між символної інтерференції. Формування спектру сигналів, що випромінюються. Еквалайзинг.
4. Особливості проектування різних систем зв'язку з рухомими об'єктами. Алгоритм Окамура-Хата.
5. Загальна характеристика стандарту GSM (GSM-R). Радіоінтерфейс GSM. Структура та загальний алгоритм функціонування.
6. Архітектура радіо інтерфейсу GSM. Організація логічних та фізичних каналів. Загальна концепція мобільного зв'язку третього та четвертого покоління. Концептуальна мережева модель. Структурована мережева архітектура.
7. Архітектура управління ресурсами. Архітектура каналів UMTS. Технології високошвидкісного радіодоступу. Сімейство протоколів IEEE 802.11...16. Структура мереж широкосмугового радіодоступу. Концепція застосування.
8. Концепція застосування IEEE 802.11...22. Мережева архітектура

9. Радіоінтерфейси СЗРО. СЗРО третього та четвертого поколінь. Загальна характеристика протоколу IEEE 802.16. Структура та загальний алгоритм функціонування.

10. Архітектура радіоінтерфейсу протоколу IEEE 802.16. Логічні та фізичні канали. Взаємодія радіоінтерфейсу з мережею загального призначення.

11. Загальна характеристика технології LTE. Структура та загальний алгоритм функціонування. Логічні та фізичні канали. Взаємодія радіоінтерфейсу з мережею загального призначення.

12. Підсумки вивчення дисципліни. Перспективи розвитку систем зв'язку з рухомими об'єктами.

Змістовний модуль 4. Радіотехнічні системи на залізничному транспорті.

Тема 1. Вступ. Мета і задачі дисципліни. Зміст курсу. Історична довідка. Частотне забезпечення мереж технологічного радіозв'язку.

Тема 2. Технологічний радіозв'язок на залізничному транспорті. Призначення та класифікація радіомереж.

Тема 3. Принципи побудови та апаратура мереж станційного радіозв'язку.

Тема 4. Принципи побудови та апаратура мереж поїзного радіозв'язку.

Тема 5. Принципи побудови та апаратура мереж ремонтно-оперативного радіозв'язку.

Тема 6. Електричні та техніко-експлуатаційні характеристики радіозасобів рухомого радіозв'язку

Тема 7. Цифрові мережі технологічного радіозв'язку. Апаратура стандарту DMR.

Тема 8. Цифрові мережі технологічного радіозв'язку. Апаратура стандарту GSM-R.

Тема 9. Особливості поширення радіохвиль в умовах впливу інфраструктури залізниць.

Тема 10. Методи розрахунку енергетичних характеристик радіоканалів з необхідною надійністю по полю.

Тема 11. Розрахунок дальності дії поїзного радіозв'язку в мережах з направляючими лініями та випромінюючими кабелями.

Тема 12. Розрахунок дальності дії в каналах станційного та поїзного радіозв'язку метрового діапазону за відомчими методиками.

Тема 13. Розрахунок каналів в перспективних цифрових мережах технологічного радіозв'язку дециметрового діапазону.

Тема 14. Розрахунок електромагнітної сумісності радіозасобів. Вибір і планування робочих частот радіомереж

Тема 15. Перспективні напрямку розвитку систем залізничного технологічного радіозв'язку

Теми лабораторних занять.

Змістовний модуль 1.

Дослідження процесів інтерференції коливань.

Частина 1. Дослідження режимів роботи фідерних ліній.

Частина 2.. Дослідження режимів роботи фідерних ліній. Електронне моделювання.

Дослідження параметрів антен ультракороткохвильових діапазонів.

Дослідження параметрів антен в умовах вільного простору. (Моделювання на ПК).

Дослідження параметрів антен з урахуванням впливу земної поверхні (Моделювання на ПК).

Змістовний модуль 3.

Дослідження енергетичної сумісності антен, розташованих на одній опорі.

Дослідження впливу втрат енергії радіохвиль в атмосфері на пропускну здатність каналу радіоінтерфейсу GSM

Дослідження впливу енергетичних характеристик мобільної станції на пропускну здатність радіоканалу зв'язку стандарту GSM

Дослідження впливу втрат енергії радіохвиль в атмосфері на пропускну здатність радіоканалу рухомого зв'язку

Дослідження впливу характеристик базової станції Ericsson 2202 на пропускну здатність системи мобільного зв'язку

Змістовний модуль 4.

Дослідження особливостей організації мереж технологічного радіозв'язку на залізничному транспорті.

Дослідження мереж станційного технологічного радіозв'язку.

Дослідження мереж поїзного технологічного радіозв'язку.

Дослідження стільникових мереж технологічного радіозв'язку стандарту GSM-R.

Дослідження базових станцій стандарту GSM-R.

Моделювання зон обслуговування систем радіозв'язку з використанням цифрових карт місцевості. Частина 1.

Моделювання зон обслуговування систем радіозв'язку з використанням цифрових карт місцевості, Частина 2.

Теми практичних занять.

Змістовний модуль 1.

Розрахунок параметрів електричного поля.

Розрахунок параметрів магнітного поля.

Розрахунок параметрів електромагнітного поля на основі рівнянь Максвелла.

Колоквіум

Розрахунок лінійної антени. Частина 1.

Розрахунок лінійної антени. Частина 2.

Розрахунок параметрів антен різних діапазонів.

Змістовний модуль 2.

Розрахунок енергетики радіорелейної лінії MINI-LINK-E на прольоті.

Розрахунок впливу опадів на характеристики РРЛ MINI-LINK-E

Розрахунок енергетичного виграшу РРЛ MINI-LINK-E за рахунок різних способів рознесення

Розрахунок лінії радіорелейного зв'язку MINI-LINK-E

Розрахунок потужності сигналу на вході приймача бортового ретранслятора

Розрахунок потужності сигналу на вході приймача земної станції та відношення сигнал/шум на трасі Земля-борт-Земля

Порядок розрахунку пропускну здатності мережі супутникового зв'язку

Оцінка електромагнітної сумісності елементів приймально-передавальних трактів систем супутникового зв'язку

Змістовний модуль 3.

Розрахунок загасання сигналу на прийом в антенно-фідерних трактах БС та ККД антенно-фідерного тракту прийомної антени БС

Визначення ККД антенно-фідерного тракту прийомної антени БС та відношення сигнал / шум на вході приймача, відповідного заданому відношенню на виході

Визначити рівень власних шумів, приведенних до входу приймача та розрахувати рівень власних шумів приймача, наведених до точки прийому
Визначення рівень зовнішніх шумів в точці прийому. Визначення рівня сумарного шуму в точці прийому

Змістовний модуль 4.

Розробка технічних пропозицій з організації мереж технологічного радіозв'язку.
Розрахунок дальності дії поїзного радіозв'язку з направляючими лініями та випромінюючими кабелями.
Розрахунок дальності дії в каналах станційного технологічного радіозв'язку.
Колоквіум
Розрахунок дальності дії в каналах поїзного технологічного радіозв'язку метрового діапазону.
Розрахунок енергетичних характеристик каналів різних діапазонів при поширенні радіохвиль.
Розрахунок електромагнітної сумісності радіозасобів в мережах технологічного радіозв'язку.

3.4. Інформаційні матеріали

1. Радіотелекомунікаційні технології: радіопередавальні та радіоприймальні пристрої / О.В. Гайдук, П.В. Слободянюк, В.Л. Булгач, В.Г. Сайко, В.В. Пахтусов, В.В. Потапов. – Ніжин: «Аспект-Поліграф», 2007, 319с.
2. Єлізаренко А.О., Єлізаренко О.В. Мережі технологічного радіозв'язку на залізничному транспорті: Конспект лекцій [Текст] / А.О. Єлізаренко, О.В. Єлізаренко.– Харків, УкрДАЗТ, 2007. – 59 с.
3. Транкінгові мережі залізничного технологічного радіозв'язку [Текст] : Навчальний посібник / О.В. Єлізаренко, А.О. Єлізаренко, В.П. Поляков, К.А. Трубочанінова. Українська державна академія залізничного транспорту. – Харків, УкрДАЗТ, 2006. – 93 с.
4. Єлізаренко А.О. Перспективні напрямки розвитку залізничного технологічного радіозв'язку: Конспект лекцій [Текст] / А.О. Єлізаренко– Х .: УкрДУЗТ , 2019 .- 45 с.
5. Єлізаренко А.О. Моделі поширення радіохвиль в каналах рухомого радіозв'язку [Текст]: конспект лекцій / Харків.: УкрДУЗТ, 2017 .- 57 с.
6. Правила організації та розрахунку мереж поїзного радіозв'язку. Затверджені наказом Державної адміністрації залізничного транспорту України від 09.06.2009 №340-Ц. – 123 с.
7. Організація та проектування мереж технологічного радіозв'язку. Методичні вказівки Харків.: УкрДУЗТ, 2017 .- 57 с.
8. <http://lib.kart.edu.ua/handle/123456789/7566>
9. http://www.uz.gov.ua/about/general_information/entertainments/pktbit/
10. http://www.uz.gov.ua/press_center/up_to_date_topic/page-4/451889/

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	Визначення назви за шкалою ECTS	За 100	ECTS
----------------------------	--	---------------	-------------

державною шкалою(оцінка)		бальною шкалою	оцінка
ВІДМІННО – 5	Відмінно – відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок	90-100	A
ДОБРЕ – 4	Дуже добре – вище середнього рівня з кількома помилками	82-89	B
	Добре – в загальному правильна робота з певною кількістю грубих помилок	75-81	C
ЗАДОВІЛЬНО - 3	Задовільно - непогано, але зі значною кількістю недоліків	69-74	D
	Достатньо – виконання задовольняє мінімальні критерії	60-68	E
НЕЗАДОВІЛЬНО - 2	Незадовільно – потрібно попрацювати перед тим як отримати залік або екзамен (без повторного вивчення модуля)	35-59	FX
	Незадовільно - 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 самостійної 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 проведення екзамену шляхом комп'ютерного тестування або відповідей на питання екзаменаційних білетів.

Результати навчання

Результати навчання за даним курсом:

- вміння застосовувати базові знання основних нормативно – правових актів та довідкових матеріалів, чинних стандартів та технічних умов, інструкцій та інших нормативно – розпорядчих документів у галузі електроніки та телекомунікацій, в тому числі в системах телекомунікацій на залізничному транспорті (РН-2).

- 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 (РН-5).

- 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 в системах управління на залізничному транспорті (РН-8).

Команда викладачів:

Слізаренко Андрій Олександрович (<https://kart.edu.ua/staff/ielizarenko-ao>) – лектор з дисципліни радіотехнічні системи залізничного транспорту в УкрДУЗТ. Отримав ступінь к.т.н. за спеціальністю 05.12.02 телекомунікаційні системи та мережі. Напрямок наукової діяльності: системи рухомого радіозв'язку на залізничному транспорті.

Кодекс академічної доброчесності

Порушення Кодексу академічної доброчесності Українського державного університету залізничного транспорту є серйозним порушенням, навіть якщо воно є ненавмисним. Положення про організацію освітнього процесу в УкрДУЗТ:

https://kart.edu.ua/wp-content/uploads/2020/05/polozhennja-pro-oop-2021-mdi-09_02_2021.pdf

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 залучення 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: <https://do.kart.edu.ua/>