

Затверджено
Протокол засідання кафедри
автоматики та комп'ютерного
телекерування рухом поїздів
прот. № 8 від 26 червня 2023 р.

СИЛАБУС

з дисципліни **«Цифровий радіозв'язок та супутникова навігація в системах керування рухом поїздів»**

Семестр та рік навчання

За освітньою програмою: Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка (АКІТР) - 7 семестр 4 року навчання

Освітній рівень перший (бакалаврський)

Галузь знань 17 «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації»

Шифр та назва спеціальностей: 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»

Лекції, практичні заняття згідно розкладу <http://rasp.kart.edu.ua/>

Команда викладачів:

Лектор: Сосунов Олександр Олексійович, доцент кафедри автоматичного та комп'ютерного телекерування рухом поїздів (АТ)

Контакти лектора: E-mail: sosunov63@kart.edu.ua

Годин прийому та консультацій: кожна середа, 14.10 – 15.30

Розміщення кафедри: Місто Харків, майдан Фейєрбаха, 7, 1 корпус, 2 поверх, 222 аудиторія.

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

Додаткові інформаційні матеріали: [Repository of academic texts of the Ukrainian State University of Railway Transport](#)

1. Анотація навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни «Цифровий радіозв'язок та супутникова навігація в системах керування рухом поїздів» (ЦРЗСН) є надання теоретичних та практичних знань основних принципів побудови і технічної реалізації на базі сучасних інформаційних технологій важливих та актуальних на даний час складових систем сигнального авторегулювання (САР), методів організації каналів зв'язку та обміну інформацією між стаціонарними та бортовими пристроями САР з використанням цифрового дуплексного поїзного радіозв'язку (ЦДПРЗ) та супутникових систем навігації (ССН), впливу на безпеку руху поїздів інформаційного забезпечення систем САР.

Основними завданнями вивчення дисципліни ЦРЗСН є освоєння теоретичних знань та практичних навичок:

- вимог нормативних документів та галузевих інструкцій до телекомунікаційних засобів в системах інтервального регулювання руху поїздів (ІРПП) на перегонах та організації поїзної і маневрової роботи на станціях;
- основних принципів побудови, критеріїв експлуатаційного та техніко-економічного оцінювання функціональних можливостей поїзного радіозв'язку КХ та УКХ діапазонів, на базі радіозв'язку стандартів стільникового зв'язку GSM-R, транкінгового зв'язку TETRA;
- принципів побудови ССН NAVSTAR GPS (*англ. NAVigation Satellites providing Time And Range Global Positioning System*) та ГЛОНАС (*ГЛОбальна НАвігаційна Система*);
- методики визначення координати рухомих об'єктів за допомогою ССН та систем поїзного зв'язку;
- практичного використання в системах залізничної автоматики (ЗА) та бортових системах САР для безпечного керування рухом поїздів систем ЦДПРЗ та ССН;

Мета курсу – формування та розвиток наступних компетентностей студентів:

Інтегральна Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми під час професійної діяльності у сфері автоматизації та роботизації або у процесі подальшого навчання із застосуванням положень, теорій та методів природничих, технічних, інформаційних та соціально-економічних наук, що характеризуються комплексністю та невизначеністю умов функціонування об'єктів автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки/

Загальні компетенції

- ЗК01. Здатність застосування знання у практичних ситуаціях;
- ЗК04. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій;
- ЗК05. Здатність до пошуку, опрацювання та аналізу інформації з різних джерел;
- ЗК08. Здатність працювати в команді.

Фахові компетенції

- СК15. Здатність обґрунтовувати вибір технічних засобів систем автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки на основі розуміння принципів їх роботи аналізу їх властивостей, призначення і технічних характеристик з урахуванням вимог до систем автоматизації, комп'ютерно-

інтегрованих технологій та робототехніки і експлуатаційних умов, налагоджувати технічні засоби автоматизації та роботизації і системи керування;

– СК16. Здатність використовувати для вирішення професійних завдань новітні технології у галузі автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки, зокрема, проектування багаторівневих систем керування, збору даних та їх архівування для формування бази даних параметрів процесу та їх візуалізації за допомогою засобів людино-машинного інтерфейсу.

2. Чому ви маєте обрати цей курс?

Безперервний та безпечний рух поїздів по мережі залізниць забезпечує технічний комплекс залізничної автоматики (ЗА), яким обладнуються станції та перегони. Рівень технічного оснащення (категорія) останніх визначається класом залізничних дільниць. Як допоміжний або самостійний засіб сигналізації, на магістральних локомотивах та моторвагонних поїздах використовуються локомотивні системи забезпечення безпеки руху, що надають локомотивній бригаді безпосередньо в кабіні локомотива інформацією про стан маршруту руху, його дозвільні за поїзною ситуацією, цільові та поточні параметри руху.

При цьому в умовах збільшення ваги вантажних поїздів, введення на залізничних дільницях прискореного, швидкісного та високошвидкісного руху очевидним є діалектичний процес розвитку систем ІРРП та забезпечення безпеки руху поїздів – зменшується роль оптичного каналу прохідних світлофорів і збільшується роль каналів передачі сигнальної інформації від стаціонарних пристроїв та з колії на локомотив для підвищення безпеки руху за рахунок функціонування бортових пристроїв багатозначної АЛС, визначення параметрів руху поїзда, його поточної координати, системи автоматичного керування гальмами, автоведення поїзда, телеметричного контролю стану машиніста та примусової зупинки поїзда.

По-перше, реалізація наведених вище функцій неможлива без організації ефективного каналу зв'язку між стаціонарними та бортовими пристроями керування рухом поїздів, у якому окрім мовної компоненти необхідний дуплексний режим обміну цифровими даними між стаціонарними пристроями та рухомим складом (локомотивом, МВС).

По-друге, забезпечення заданого рівня безпеки руху поїздів в умовах підвищеної швидкості пасажирського руху, ваги вантажних поїздів (тобто при суттєвому збільшенні гальмівного шляху поїздів) актуальною технічною задачею для стаціонарних пристроїв, що керують перевізним процесом, стає отримання у реальному часі інформації про поточну координату кожного поїзда для побудови динамічної поїзної моделі на залізничній дільниці, яка використовується оперативним персоналом у своїй роботі по забезпеченню ефективної та безпечної реалізації перевізного процесу.

По-третє, важливою для бортових пристроїв керування рухом поїзда також стає прив'язка поточної координати поїзда до електронної карти колії з визначеними місцями тимчасового або постійного обмеження швидкості руху (тобто проходження таких об'єктів з так званою цільовою швидкістю). Вирішення цієї задачі можливе з використанням технічних засобів визначення поточної координати поїзда на дільниці, до яких, як найбільш ефективних, можна віднести ССН та електронні карти колії.

Дисципліна базується на знаннях, отриманих при вивченні фундаментальних, загально інженерних та професійно-орієнтованих дисциплін, спеціальних дисциплін з фаху на першому рівні освіти.

Вивчення в лекційному курсі загальних принципів побудови систем поїзного радіозв'язку на базі систем КХ та УКХ діапазону, стільникового зв'язку стандарту GSM-R, транкінгового зв'язку TETRA, використовуваних в світі супутникових систем навігації NAVSTAR GPS, ГЛОНАС і їх використання в системах керування та безпеки руху поїздів доповнюється практичними заняттями, мета яких – ознайомлення з характеристиками типових методів та технічних рішень реалізації в бортових пристроях САР систем радіозв'язку та супутникової навігації. Метою практичних занять є набуття практичних навичок аналізу функціонування каналів зв'язку між стаціонарними та локомотивними пристроями САР, моделювання режимів їх роботи, пошук шляхів розширення функціональних можливостей системи САР з метою підвищення ефективності керування рухом поїздів із забезпеченням вимог заданого рівня безпеки руху.

Команда викладачів буде готова надати будь-яку допомогу з найбільш складних аспектів курсу по електронній пошті і особисто – у робочий час.

3. . Опис навчальної дисципліни

Навчальна дисципліна «Цифровий радіозв'язок та супутникова навігація в системах керування рухом поїздів», на вивчення якої відводиться 180 годин / 6,0 кредити ECTS протягом семестру дає студентам глибоке розуміння застосування основних наукових методів забезпечення безпеки руху поїздів за рахунок розширення інформаційного забезпечення систем САР, використання у керуванні рухом поїздів сучасних інформаційних технологій – бортової комп'ютерної техніки, ЦДПРЗ, ССН.

Курс складається з 30 годин лекцій, 15 годин практичних занять протягом одного семестру. Він супроводжується лекційним текстовим матеріалом, презентаціями, іншим методичним забезпеченням. Види контролю – два модульні тестові завдання та залік. Розроблений веб-ресурс курсу, розміщений на порталі дистанційного навчання (на платформі Moodle) за посиланням <http://do.kart.edu.ua/>. Студенти матимуть можливість застосовувати отримані знання та вирішувати практичні завдання шляхом обговорень в аудиторії під час практичних занять.

Міждисциплінарні зв'язки: дисципліна ЦРЗСН базується на знаннях, отриманих при вивченні фундаментальних, загально інженерних та професійно-орієнтованих дисциплін ОПІ бакалавра: "Вища математика", "Теорія ймовірностей", "Фізика", "Алгоритмізація, програмування та організація обчислювальних робіт", "Електротехніка та електромеханіка", "Електроніка, мікросхемотехніка, мікропроцесорна та комп'ютерна техніка", "Об'єкти автоматизації та роботизації", "Основи автоматики та теорія автоматичного керування".

Дисципліна ЦРЗСН є базовою для випускного державного екзамену/виконання кваліфікаційної роботи за тематикою побудови бортових систем САР на базі обчислювальної техніки, сучасних телекомунікаційних технологій, захисту роботи у ДЕК.

4. Ресурси курсу

Інформація про курс розміщена на сайті Університету <http://do.kart.edu.ua/> (включаючи необхідні методичні матеріали, презентації, фільми, тестові завдання за окремими змістовими модулями та правила оцінювання курсу) у розділі «Дистанційне навчання». Необхідна підготовка повинна бути завершена до початку лекції або практичного заняття. Під час обговорення пропонується проведення аналізу з питань впливу інформаційного забезпечення для ефективного функціонування систем САР, шляхів досягнення високого рівня функціональної безпеки, надійності за рахунок використання у пристроях САР сучасних інформаційних технологій.

5. Розподіл лекцій на змістові модулі

Змістовий модуль 1. Сучасний стан та перспективи розвитку технологічного радіозв'язку

Тема 1.1. Використання частотного спектра в мережах технологічного радіозв'язку на залізницях України.

Тема 1.2. Призначення та склад мереж залізничного технологічного радіозв'язку.

Тема 1.3. Принципи побудови транкінгового (TETRA) та стільникового (GSM-R) радіозв'язку, їх порівняльні характеристики.

Змістовий модуль 2. Задачі, що стоять перед галуззю залізничного зв'язку на етапах реформування залізничного транспорту України

Тема 2.1 Перспективи використання систем стільникового зв'язку для керування рухом поїздів. Задача вибору єдиної телекомунікаційної платформи для залізничного транспорту України.

Тема 2.2. Аналіз базових варіантів організації системи оперативно-технологічного та пасажирського радіозв'язку.

Тема 2.3. Особливості застосування транкінгових та стільникових систем зв'язку на залізницях України

Змістовий модуль 3. Засоби підвищення безпеки руху поїздів з використанням технологій контролю за пересуваннями рухомого складу

Тема 3.1. Контроль за пересуваннями рухомого складу та його значення для реалізації перевізного процесу.

Тема 3.2. Технології та засоби підвищення безпеки руху поїздів на дільницях залізниць.

Тема 3.3. Аналіз методів і пристроїв ідентифікації рухомого складу

Тема 3.4. Метод георадіолокації та позиціонування його програмно-апаратного комплексу в залізничній системі координат.

Змістовий модуль 4. Інтеграція телекомунікаційних засобів у системи безпечного керування рухом поїздів і напрямки їх подальшого розвитку

Тема 4.1. Перспективи використання технічних засобів ЗА та телекомунікації у відповідності до класу (категорії) залізничних ліній.

Тема 4.2. Система керування рухом поїздів FFB на базі поїзного радіозв'язку.

Тема 4.3. Поїзний радіозв'язок в Єдиній європейській системі керування

рухом поїздів ERTMS.

Тема 4.4. Використання супутникової навігації та цифрового дуплексного поїзного радіозв'язку КХ та УКХ діапазону в системах КЛУБ-У, КУПОЛ (ТСКБМ), ЄКС, БЛОК.

Тема 4.5. Цифровий радіозв'язок в системі маневрової автоматичної локомотивної сигналізації МАЛС.

6. Практичні заняття

№з/п	Назва теми
ПЗ-1	Аналіз мереж залізничного технологічного радіозв'язку на залізницях України.
ПЗ-2	Експлуатаційно-технічні характеристики систем радіозв'язку стандарту ТЕТРА та GSM-R.
ПЗ-3	Експлуатаційно-технічні параметри та функціональні можливості радіочастотної системи керування рухом поїздів FFB.
ПЗ-4	Інтеграція стільникового зв'язку стандарту GSM-R в європейську систему ERTMS.
ПЗ-5	Використання цифрового дуплексного радіозв'язку в системах КЛУБ-У, КУПОЛ (ТСКБМ), ЄКС, БЛОК.
ПЗ-6	Системи навігації: доплерівські, інерціальні, астрономічні, радіонавігаційні, супутникові.
ПЗ-7	Методи космічної геодезії для визначення координат точок на земній поверхні.
ПЗ-8	Інтеграція ССН в комплексну локомотивну систему керування рухом поїздів КЛУБ-У. Формування електронної карти колії. Технологія функціонування модуля маршруту в КЛУБ-У.

7. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми
1	Опрацювання лекційного матеріалу за навчальною літературою та курсі дистанційного навчання за посиланням http://do.kart.edu.ua (назва курсу на вкладинці УкрДУЗТ – «Цифровий радіозв'язок та супутникова навігація в системах керування рухом поїздів»).
2	Підготовка до практичних занять
3	Підготовка та складання тестів за змістовими модулями на курсі дистанційного навчання за посиланням http://do.kart.edu.ua/ .
4	Опрацювання окремих розділів програми, які не викладаються на лекціях.

8. Заплановані результати навчання (РН)

ПР03	Вміти застосовувати сучасні інформаційні технології та мати навички розробляти алгоритми та комп'ютерні програми з використанням мов високого рівня і технологій об'єктно-орієнтованого програмування, створювати бази даних та використовувати інтернет-ресурси.
ПР04	Розуміти суть процесів, що відбуваються в об'єктах систем автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки (за галузями діяльності) та вміти проводити аналіз об'єктів автоматизації та роботизації і обґрунтовувати вибір структури, алгоритмів та схем керування ними на основі результатів дослідження їх властивостей.
ПР08	Знати принципи роботи технічних засобів автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки та вміти обґрунтувати їх вибір на основі аналізу їх властивостей, призначення і технічних характеристик з урахуванням вимог до систем автоматизації та роботизації і експлуатаційних умов; мати навички налагодження технічних засобів автоматизації та роботизації і систем керування.
ПР09	Вміти проектувати багаторівневі системи керування і збору даних для формування бази параметрів процесу та їх візуалізації за допомогою засобів людино-машинного інтерфейсу, використовуючи новітні комп'ютерно-інтегровані технології.
ПР012	Вміти використовувати різноманітне спеціалізоване програмне забезпечення для розв'язування типових інженерних задач у галузі автоматизації та роботизації, зокрема, математичного моделювання, автоматизованого проектування, керування базами даних, методів комп'ютерної графіки, знати спеціалізовані мови програмування для розробки проектів візуалізації автоматизованих технологічних проектів і виробництв.

9. Правила оцінювання

При оцінюванні результатів навчання керуватися [Положенням про контроль та оцінювання якості знань студентів в УкрДУЗТ та змінами до нього](#).

При заповненні заліково-екзаменаційної відомості та залікової книжки (індивідуального навчального плану) студента, оцінка, що виставляється за 100-бальною шкалою, повинна бути переведена до національної шкали (відмінно – 5, добре – 4, задовільно – 3, незадовільно – 2) та шкали ECTS (A, B, C, D, E, FX, F).

Відвідування лекцій. Бали за цю складову не нараховуються взагалі, якщо студент не відвідував більш 50 % лекційних занять у модулі без поважних причин. **Максимальна сума становить 15 балів.**

Практичні заняття. Оцінюються за відвідуваннями та активністю під час проведення занять. **Максимальна сума становить 30 балів.**

Ступінь залучення. Мета участі в курсі – залучити вас до дискусії, розширити можливості навчання для себе та своїх партнерів, дати вам ще один спосіб перевірити свої теоретичні та практичні знання методів наукового дослідження досягнення ефективності використання і безпечності функціонування систем забезпечення безпеки руху, основних принципів побудови їх складових, методів організації каналів зв'язку та обміну інформацією між стаціонарними та бортовими пристроями САР, впливу на безпеку руху поїздів

інформаційного забезпечення систем САР, досягнення пристроями САР вимог електромагнітної сумісності. Участь буде оцінюватися на основі кількості та вірності ваших відповідей на практичних заняттях. Питання, хоча й заохочуються, однак не оцінюються в цьому блоці. Ми намагаємося надати всім студентам рівні та справедливі можливості для підвищення власного залучення. **Максимальна сума становить 15 балів.**

Підсумковий модульний тест. Максимальна сума становить 40 балів.

Залік. Студент отримує оцінку за залік на підставі поточного контролю шляхом накопичення балів. Максимальна середньоарифметична кількість балів двох підсумкових модулів, яку може отримати студент, становить 100 (до 60 балів поточного контролю та до 40 балів на підсумковому модульному тестуванні). Якщо студент не погоджується із запропонованими балами, він може підвищити їх на заліку, відповівши на питання екзаменаційного білета бо білета комплексної контрольної роботи з дисципліни.

Визначення назви за державною шкалою (оцінка)	Визначення назви за шкалою ECTS	За 100 бальною шкалою	ECTS 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 (без повторного вивчення модуля)	35-59	FX
	Незадовільно – необхідна серйозна подальша робота (повторне вивчення модуля)	<35	F

10 Засоби діагностики успішності навчання

1. Усний поточний опит на лекціях, практичних заняттях.
2. Система контролю рівня знань методом тестування на ПЕОМ під час роботи над курсом за дистанційною формою навчання.
3. Система контролю рівня знань методом тестування на ПЕОМ під час модульного контролю.
4. Письмова відповідь на питання залікового білета по теоретичним питанням і завданням на заліку (за необхідністю з ініціативи студента).

11. Кодекс академічної доброчесності

Порушення Кодексу академічної доброчесності Українського державного університету залізничного транспорту є серйозним порушенням, навіть якщо воно є ненавмисним.

Кодекс доступний за посиланням:

<https://kart.edu.ua/wp-content/uploads/2020/06/kodex.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 консулюватися 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.

12. 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/>.

Рекомендована література

Основна

1. Про заходи впровадження на залізничному транспорті України перспективних інформаційних технологій. Наказ Укрзалізниці №583-Ц від 29.10.2001 р.
2. Бойник А.Б., Кошевой С.В., Панченко С.В., Сотник В.А. Системы интервального регулирования движения поездов на перегонах: Учебное пособие.- Харьков, УкрГАЗТ, 2005.- 205с.
3. Петров Н.Н. Местоопределение подвижных объектов на основе спутниковых навигационных систем // Специальная техника. – 1999. –№ 1–2. – С. 32-37.
4. ВНД 32.1.07.000-02. Тимчасова інструкція з організації швидкісного руху пасажирських поїздів//Вимоги до інфраструктури та рухомого складу. / Укрзаліниця. – К.: 2002 р.
5. Зайцева Т.Н. Обеспечение безопасности на зарубежных железных дорогах // Ж.–д. трансп. Сер. Безопасность движения: ОИ/ЦНТИИТЭИ МПС. – 1998. – Вып.1– 2. – С. 24 – 58.
6. Унифицированное комплексное локомотивное устройство безопасности (КЛУБ-У): Учебное пособие / В.И. Астрахан, В.И. Зорин, Г.К. Кисельгоф и др. Под ред. В.И. Зорина и В.И. Астрахана. – М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте». 2008. – 177 с.
7. Серапинас Б.Б. Глобальные системы позиционирования: Учеб. изд. - М.: ИКФ «Каталог», 2002. -с. 106 с.
8. Б. К. Леонтьев. GPS: Все, что Вы хотели знать, но боялись спросить. Литературное агентство «БукПресс» 2006 с. 11-16.
9. Старовойтов А.В. Интерпретация георадиолокационных данных : учеб. пособие. – М.: Изд-во МГУ, 2008.

10. Телекоммуникационные технологии на железнодорожном транспорте/ Г.В. Горелов. – М.:УМК МПС России, 1999.-576 с.

Додаткова

1. GPS [Электронный ресурс]/ - Электронные данные - Режим доступа: [http://ru.wikipedia.org/wiki/NAVSTAR GPS](http://ru.wikipedia.org/wiki/NAVSTAR_GPS) , свободный - Загл. с экрана.
2. Глонасс [Электронный ресурс]/ - Электронные данные – Режим доступа:<http://ru.wikipedia.org/wiki/Глонасс>,Глонасс свободный - Загл. с экрана.
3. Galileo [Электронный ресурс]/ - Электронные данные – Режим доступа:<http://ru.wikipedia.org/wiki/Galileo>, Galileo свободный - Загл. с экрана.
4. Навигация [Электронный ресурс]/ - Электронные данные – Режим доступа:<http://ru.wikipedia.org/wiki/Навигация>, Навигация свободный – Загл. с экрана .
5. Ромашкова О.И. Перспективы применения сотовых систем подвижной связи на железнодорожном транспорте // Автоматика, связь, информатика. – 2001. – №8. – С. 42-44.
6. Періодична науково-технічна література.