

Український державний університет залізничного транспорту
Кафедра «Автоматика та комп'ютерне телекерування рухом поїздів»

СИЛАБУС З ДИСЦИПЛІНИ
ТЕОРІЯ ОПТИМАЛЬНИХ СИСТЕМ
АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

Семестр та рік навчання

За освітньою програмою: автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка (АКІТР) – 1 семестр 2 року навчання

Освітній рівень другий (магістр)

Галузь знань

17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації

Шифр та назва спеціальностей:

174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка

Час та аудиторія проведення занять: Згідно розкладу - <http://rasp.kart.edu.ua/>

1. Команда викладачів:

Лектори:

[Хісматулін Володимир Шайдуллович](#) (Кандидат технічних наук, професор),

Контакти: +38 (057) 730-10-32, e-mail: khisvs@kart.edu.ua

[Сосунов Олександр Олексійович](#) (кандидат технічних наук, доцент),

Контакти: +38 (057) 730-10-32, e-mail: sosunov63@kart.edu.ua

Години прийому та консультації: кожен понеділок з 14.00 -16.00

Розміщення кафедри: Місто Харків, майдан Фейербаха, 7, 1 корпус, 2 4 поверх, 222 аудиторія.

Веб сторінка курсу: <https://do.kart.edu.ua/course/view.php?id=12607>

Додаткові інформаційні матеріали: <https://kart.edu.ua>

1 Анотація навчальної дисципліни

Існує безліч практично важливих задач, при вирішенні яких необхідно здійснювати керування об'єктами з найбільшою ефективністю. Деякі з цих завдань вимагають мінімального часу для досягнення необхідного результату. Інші мають метою досягнення найбільшої точності функціонування. У третій ставиться завдання мінімальної витрати енергії для досягнення поставленої мети. Нерідкі випадки, коли необхідно задовольнити цілої низки суперечливих вимог. Всі такі завдання ставляться до класу задач оптимального керування.

Загальним для таких систем є вимога створення такої сукупності керуючих діянь, при яких досягається екстремальне значення деякого показника якості. **САК, що реалізує в будь-якому сенсі оптимальне керування, називається оптимальною в тому ж сенсі** (наприклад, за швидкодією, за точністю і ін.).

Предметом дисципліни є вивчення принципів побудови оптимальних систем автоматичного керування технологічних об'єктів залізничного транспорту. Вона дає базові поняття теорії оптимального керування, формує загальний науковий підхід до побудови систем, оптимальних за різними критеріями, надає практичні навички у дослідженні впливу структури та параметри об'єктів на якість їх функціонування.

Викладання дисципліни базується на знаннях, вміннях і навичках, отриманих при вивченні дисциплін "Вища математика", "Фізика", "Електротехніка та електромеханіка", "Теорія автоматичного керування", "Ідентифікація та моделювання об'єктів автоматизації".

Програма навчальної дисципліни складається з таких змістових модулів:

1. Корекція та оптимізація параметрів систем автоматичного керування
2. Теорія оптимальних систем автоматичного керування.

Основними завданнями вивчення дисципліни є підготовка студентів для творчої участі в розробці, проектуванні та експлуатації систем регулювання та контролю технологічних процесів, а також систем оптимального управління технологічними процесами.

За результатами вивчення навчальної дисципліни студенти повинні:

знати:

1. Призначення та основні методи корекції систем.
2. Методику синтезу коректуючих пристроїв за заданими показниками якості функціонування.
3. Методи оптимізації параметрів систем.
4. Методи синтезу оптимальних структур автоматичних систем.

уміти:

1. Формулювати задачу синтезу коректуючих пристроїв.
2. Оцінювати параметри математичних моделей за результатами експерименту.
3. Розв'язувати задачі оптимізації параметрів систем.
4. Користуватись методами і програмним забезпеченням дослідження автоматичних систем.

мати уявлення:

Про перспективи розвитку теорії оптимального керування.

Заплановані загальні компетентності (ЗК), спеціальні (фахові) компетентності (СК), програмні результати навчання (РН):

ЗК 01. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

ЗК 02. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

ЗК 03. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

СК 01. Здатність здійснювати автоматизацію складних технологічних об'єктів та комплексів, створювати кіберфізичні системи на основі інтелектуальних методів управління та цифрових технологій з використанням баз даних, баз знань, методів штучного інтелекту, робототехнічних та інтелектуальних мехатронних пристроїв.

СК 02. Здатність проектувати та впроваджувати високонадійні та безпечні системи автоматизації і їх прикладне програмне забезпечення, для реалізації функцій управління та опрацювання інформації, здійснювати захист прав інтелектуальної власності на нові проектні та інженерні рішення.

СК 03. Здатність застосовувати методи моделювання та оптимізації для дослідження та підвищення ефективності систем і процесів керування складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами.

СК 05. Здатність інтегрувати знання з інших галузей, застосовувати системний підхід та враховувати нетехнічні аспекти при розв'язанні інженерних задач та проведенні наукових досліджень.

СК 06. Здатність застосовувати сучасні методи теорії автоматичного керування для розроблення автоматизованих систем управління технологічними процесами та об'єктами.

СК 07. Здатність застосовувати спеціалізоване програмне забезпечення та цифрові технології для розв'язання складних задач і проблем автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій.

СК 08. Здатність розробляти функціональну, технічну та інформаційну структуру комп'ютерно-інтегрованих систем управління організаційно-технологічними комплексами із застосуванням мережевих та інформаційних технологій, керуючих апаратно-програмних комплексів, промислових контролерів, мехатронних компонентів, робототехнічних пристроїв та засобів людино-машинного інтерфейсу.

РН 01. Створювати системи автоматизації, кіберфізичні виробництва на основі використання інтелектуальних методів управління, баз даних та баз знань, цифрових та мережевих технологій, робототехнічних та інтелектуальних мехатронних пристроїв.

РН 02. Створювати високонадійні та безпечні системи автоматизації з високим рівнем функціональної та інформаційної безпеки програмних та технічних засобів.

РН 04. Застосовувати сучасні підходи і методи моделювання та оптимізації для дослідження та створення ефективних систем автоматизації складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами.

РН 08. Застосовувати сучасні математичні методи, методи теорії автоматичного керування, теорії надійності та системного аналізу для дослідження та створення систем автоматизації складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами, кіберфізичних виробництв.

2 Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Характеристика навчальної дисципліни	
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 4	повна	повна
Модулів – 2	Рік підготовки	
Змістових модулів – 2	2	2
Загальна кількість годин – 120	Семестр	
	1	1
	Лекції	
Тижневих годин для денної форми навчання: <i>аудиторних – 6</i> <i>самот. робота -6</i>	20 год.	8 год.
	Практичні, семінарські заняття	
	20 год.	6 год.
	Лабораторні заняття	
	20 год.	4 год.
	Самостійна робота	
	60 год.	102 год.
	Індивідуальні завдання	
	РГР	КР
	Вид контролю	
іспит	іспит	

3 Інформаційний обсяг навчальної дисципліни

Модуль 1.

Тема 1. Показники якості систем автоматичного керування та методи їх визначення

Показники якості функціонування САК в перехідному та усталеному режимах. Частотні методи аналізу якості функціонування автоматичних систем. Вплив параметрів частотних характеристик розімкненої САК на показники якості її функціонування.

Тема 2. Корекція систем автоматичного керування

Сутність корекції САК. Види коректуючих пристроїв. Синтез коректуючих пристроїв методом логарифмічних частотних характеристик.

Тема 3. Оптимізація параметрів САК

Інтегральні оцінки якості функціонування САК. Оптимізація параметрів САК.

Модуль 2.

Тема 4. Математична формалізація задачі оптимального керування заданим об'єктом

Загальна характеристика задачі оптимального керування заданим об'єктом. Методи формалізації задачі оптимального керування заданим об'єктом. Моделі лінійних об'єктів у просторі станів. Математичний опис мети керування. Математичний опис вимог до якості керування. Математичний опис обмежень на рух об'єкта та на керування. Математичне формулювання варіаційної задачі оптимального керування заданим об'єктом.

Тема 5. Принцип максимуму Л.С. Понтрягіна

Гамільтоніан та канонічна система рівнянь. Принцип максимуму Л.С. Понтрягіна. Властивості гамільтоніана при оптимальному керуванні.

Тема 6. Керування, оптимальне за швидкодією

Постановка задачі синтезу оптимального за швидкодією керування заданим об'єктом. Розв'язок задачі за допомогою принципу максимуму. Аналіз результатів та проблеми практичної реалізації.

Тема 7. Керування, оптимальне за квадратичним критерієм якості

Квадратичний показник якості керування. Постановка та розв'язок задачі синтезу систем оптимального керування станом лінійного об'єкта за квадратичним критерієм якості. Структура оптимального регулятора стану. Асимптотичні властивості оптимального регулятора. Аналіз результатів та проблеми практичної реалізації.

4 Тематично-календарний план

4.1 Очна форма навчання

А. План лекцій, практичних і лабораторних занять

Тиждень	Годин на тиждень	Теми лекцій	Годин на тиждень	Теми лабораторних, практичних, семінарських занять
Модуль 1. Корекція та оптимізація параметрів САК				
1	2	Лекція 1. Показники якості функціонування САК. Методи аналізу стійкості та якості в перехідному режимі.	2	ПЗ 1. Розрахунок стійкості та показників якості функціонування САК в перехідному режимі
			2	ЛР 1. Дослідження стійкості та якості функціонування САК у перех. режимі.
2	2	Лекція 2. Методи аналізу точності САК.	2	ПЗ 2. Розрахунок точності САК у сталому режимі
			2	ЛР 2. Дослідження впливу структури та параметрів САК на точність керування
3	2	Лекція 3. Основні методи послідовної корекції САК. Пропорційно-диференціальна корекція.	2	ПЗ 3. Аналіз методів пропорційно-диференціальної корекції САК.
			2	ЛР 3. Дослідження пропорційно-диференціальної корекції САК
4	2	Лекція 4. Пропорційно-інтегральна та ПІД	2	ПЗ 4. Аналіз методів пропорційно-

		корекція.		інтегральної корекції САК
			2	ЛР 4. Дослідження пропорційно-інтегральної корекції САК.
5	2	Лекція 5. Синтез коректуючих пристроїв методом логарифмічних частотних характеристик	2	ПЗ 5. Побудова бажаної ЛАЧХ розімкненої системи
			2	ЛР 5. Виконання РГР "Синтез коректуючого пристрою" у пакеті MATLAB (ч. 1)
Модуль 2. Синтез оптимальних систем автоматичного керування				
6	2	Лекція 6. Інтегральні оцінки якості. Оптимізація параметрів САК	2	ПЗ 6. Аналіз методів оптимізації параметрів САК
	2		2	ЛР 5. Виконання РГР "Синтез коректуючого пристрою" у пакеті MATLAB (ч. 2)
7	2	Лекція 7. Загальна характеристика задачі оптимального керування заданим об'єктом	2	ПЗ 7. Розроблення задачі оптимального керування заданим об'єктом (ч. 1)
			2	ЛР 6. Оптимізація параметрів САК методом інтегральних оцінок
8	2	Лекція 8. Принцип максимуму Л.С. Понтрягіна. Синтез систем, оптимальних за швидкістю	2	ПЗ 7. Розроблення задачі оптимального керування заданим об'єктом
			2	ЛР 7. Дослідження оптимального за швидкістю керування лінійним стаціонарним об'єктом (ч. 1)
9	2	Лекція 9. Синтез систем, оптимальних за швидкістю	2	ПЗ 8. Синтез системи, оптимальної за швидкістю
			2	ЛР 7. Дослідження оптимального за швидкістю керування лінійним стаціонарним об'єктом (ч. 2)
10		Лекція 10. Синтез системи оптимального керування станом лінійного об'єкта за квадратичним критерієм якості	2	ПЗ 9. Синтез системи оптимального керування станом лінійного об'єкта за квадратичним критерієм якості
			2	ЛР 8. Дослідження оптимального за квадратичним показником якості керування лінійним стаціонарним об'єктом
		Модульний контроль знань		

Б. План виконання самостійних робіт

Вид роботи	Обсяг, годин
Виконання РГР «Синтез коректуючого пристрою методом логарифмічних частотних характеристик»	12
Підготовка до лабораторних робіт 1-9	18
Вивчення лекційного матеріалу	30

4.2 Заочна форма навчання

А. План лекцій, практичних і лабораторних занять

Годин	Теми лекцій	Годин	Теми лабораторних, практичних, семінарських занять
2	Лекція 1. Показники якості функціонування САК та методи їх визначення.	2	ПЗ 1. Розрахунок показників якості функціонування САК
2	Лекція 2. Основні методи послідовної корекції	2	ЛР 1. Дослідження стійкості та якості

	САК		функціонування САК у перехідному режимі
2	Лекція 3. Синтез коректуючих пристроїв методом логарифмічних частотних характеристик	2	ПЗ 2. Аналіз основних методів корекції САК.
2	Лекція 4. Оптимізація параметрів САК. Постановка та методи розв'язання варіаційної задачі оптимального керування заданим об'єктом	2	ЛР 2. Дослідження впливу структури та параметрів САК на якість керування
		2	ПЗ 3. Побудова бажаної ЛАЧХ розімкненої системи

Б. План виконання самостійних робіт

Вид роботи	Обсяг, годин
Виконання КР «Синтез коректуючого пристрою методом логарифмічних частотних характеристик»	40
Підготовка до лабораторних робіт	10
Вивчення лекційного матеріалу	52

5 Рекомендована література

1. Хісматулін В.Ш., Сосунов О.О., Сотник В.О. Теорія оптимальних систем автоматичного керування : Навчальний посібник. – Харків: УкрДУЗТ, 2022. – 220 с.

2 Хісматулін В.Ш., Панченко С.В. Теорія автоматичного керування. Ч. I. Теорія лінійних неперервних систем автоматичного керування : Підручник для вузів. – Харків: УкрДАЗТ, 2008. – 239 с.

3. Александров Є.Є. Автоматичне керування рухомими об'єктами і технологічними процесами: Підручник у 3-х томах. Том 1. Теорія автоматичного керування / Є.Є. Александров, Е.П. Козлов, В.П. Кузнецов /За заг. ред. Є.Є. Александрова. – Харків, НТУ «ХП», 2002. - 490 с.

4. Хісматулін В.Ш., Прогонний О.М., Сосунов О.О. Теорія оптимальних систем автоматичного керування : Лабораторний практикум. Ч.1. Аналіз, корекція та оптимізація параметрів систем автоматичного керування – Харків: УкрДУЗТ, 2017. – 78 с. № 3366.

5. Хісматулін В.Ш., Прогонний О.М., Сосунов О.О. Теорія оптимальних систем автоматичного керування : Лабораторний практикум. Ч.2. Дослідження оптимальних за швидкістю систем автоматичного керування – Харків: УкрДУЗТ, 2019. – 52 с. №

6. Хісматулін В.Ш., Сосунов О.О. Теорія оптимальних систем автоматичного керування : Методичні вказівки до розрахунково-графічної роботи "Синтез коректуючого пристрою методом логарифмічних частотних характеристик". – Харків: УкрДУЗТ, 2016. – 58 с. № 3441.

7 Хісматулін В.Ш., Сосунов О.О. Дослідження оптимальних за квадратичним показником якості систем автоматичного керування Теорія оптимальних систем

автоматичного керування : Методи-чні вказівки до лабораторної роботи з дисципліни "Теорія оптимальних систем автоматичного керування ". – Харків: УкрДУЗТ, 2020. – 56 с.

8. Гурко О.Г. Аналіз і синтез систем автоматичного керування в MATLAB : Навчальний посібник [Текст] / О. Г. Гурко, І. Ф. Єрьоменко. – Харків: ХНАДУ, 2011. – 286 с.

9. Гоблик Н.М. MATLAB в інженерних розрахунках. Комп'ютерний практикум [Текст] / Н. М. Гоблик, В. В. Гоблик. – Львів: Львівська політехніка, 2020. – 192 с.

10. Періодична науково-технічна література.

Інформаційні ресурси в інтернеті

1 <http://lib.kart.edu.ua/>

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

3 <http://rasp.kart.edu.ua/>

6. Порядок оцінювання результатів навчання

Теоретичні знання та практичні навички перевіряються:

а) при проведенні поточного контролю – в процесі контрольного опитування та за результатами розв'язання тестових завдань; при перевірках розв'язань задач, які були задані на самостійну роботу; при перевірках звітів з лабораторних робіт;

б) при проведенні модульного контролю – по результатах виконання тестових контрольних завдань на ПЕОМ;

в) підсумково – на іспиту за дисципліною.

При оцінюванні результатів навчання керуватися Положенням про контроль та оцінювання якості знань студентів в УкрДУЗТ. Згідно з Положенням використовується 100-бальна шкала оцінювання.

Формування оцінки за модуль у складі залікового кредиту за 100-бальною шкалою для студентів очної форми навчання здійснюється відповідно до виразу

$$OM = (OP + OR) + OT,$$

де ОП – оцінки за результатами поточного контролю, ОП = 0...40;

ОР – сума балів за РГР, ОР = 0..20;

ОТ – сума балів за модульний тестовий контроль на ПЕОМ (ОТ= 0...40).

До перелічених складових оцінки можуть нараховуватися додаткові бали за участь студента у науковій роботі, підготовці публікацій, робіт на наукові студентські конкурси, участь в студентських олімпіадах, активність на заняттях та консультаціях.

Позитивна підсумкова оцінка може бути виставлена, якщо студенти повністю виконали навчальну програму, тобто виконали та отримали заліки з усіх лабораторних робіт, виконали та захистили РГР/КР.

7 Кодекс академічної доброчесності

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

8 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/course/view.php?id=12607> – очна форма навчання

<https://do.kart.edu.ua/course/view.php?id=12608> – заочна форма навчання