

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) – 2 семестр 1 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 12.40-14.00

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=7696>

Додаткові інформаційні матеріали: <http://metod.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.

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	1	1
Загальна кількість годин – 120	Семестр	
	2	2
	Лекції	
Тижневих годин для денної форми навчання: повна аудиторних – 4 самот. робота -4 скорочена аудиторних – 3 самот. робота -5	15 год.	8 год.
	Практичні, семінарські заняття	
	15 год.	6 год.
	Лабораторні заняття	
	15 год.	4 год.
	Самостійна робота	
	75 год.	102 год.
	Індивідуальні завдання	
	2 с – РГР	2 с – КР
	Вид контролю	
2 с. -залік	2с – залік	

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 та методи їх визначення.	2	ПЗ 1. Розрахунок показників якості функціонування САК
2			2	ЛР 1. Дослідження стійкості та якості функціонування САК у перехідному режимі
3	2	Лекція 2. Основні методи послідовної корекції САК	2	ПЗ 2. Аналіз основних методів корекції САК.
4			2	ЛР 2. Дослідження впливу структури та параметрів САК на точність керування
5	2	Лекція 3. Синтез коректуючих пристроїв методом логарифмічних частотних	2	ПЗ 3. Побудова бажаної ЛАЧХ розімкненої системи

		характеристик		
6			2	ЛР 3. Дослідження пропорційно-диференціальної корекції САК
7	2	Лекція 4. Інтегральні оцінки якості. Оптимізація параметрів САК	2	ПЗ 4. Синтез послідовного коректуючого пристрою
		Модульний контроль знань		
Модуль 2. Синтез оптимальних систем автоматичного керування				
8	2			ЛР 4. Дослідження пропорційно-інтегральної корекції САК
9	2	Лекція 5. Загальна характеристика задачі оптимального керування заданим об'єктом	2	ПЗ 5. Аналіз методів оптимізації параметрів САК
10			2	ЛР 5. Оптимізація параметрів САК методом інтегральних оцінок
11	2	Лекція 6. Математичне формулювання варіаційної задачі оптимального керування заданим об'єктом	2	ПЗ 6. Розроблення задачі оптимального керування заданим об'єктом
12			2	ЛР 6. Дослідження методів математичного формулювання задачі оптимального керування заданим об'єктом у пакеті MATLAB
13	2	Лекція 7. Принцип максимуму Л.С. Понтрягіна. Синтез систем, оптимальних за швидкодією	2	ПЗ 7. Синтез системи, оптимальної за швидкодією
14			3	ЛР 7. Дослідження системи, оптимальної за швидкодією
15	1	Лекція 8. Синтез системи оптимального керування станом лінійного об'єкта за квадратичним критерієм якості	1	ПЗ 8. Синтез системи оптимального керування станом лінійного об'єкта за квадратичним критерієм якості
		Модульний контроль знань		
		Оголошення результатів модульного контролю		

Б. План виконання самостійних робіт

Вид роботи	Обсяг, годин
Виконання РГР «Синтез коректуючого пристрою методом логарифмічних частотних характеристик»	16
Підготовка до лабораторних робіт 1-7	14
Вивчення лекційного матеріалу	45

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 САК	2	ЛР 1. Дослідження стійкості та якості функціонування САК у перехідному режимі
2	Лекція 3. Синтез коректуючих пристроїв методом логарифмічних частотних	2	ПЗ 2. Аналіз основних методів корекції САК.

	характеристик		
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., Панченко С.В. Теорія автоматичного керування. Ч. 1. Теорія лінійних неперервних систем автоматичного керування : Підручник для вузів. – Харків: УкрДАЗТ, 2008. – 239 с.

2. 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.

3. Теория автоматического управления. Уч. пособие для вузов. Ч.2. Теория нелинейных и специальных линейных систем автоматического управления / Под ред. А.А. Воронова. – М.: Высшая школа, 1977.

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., 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.

11. Періодична науково-технічна література.

Інформаційні ресурси в інтернеті

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

2 <https://do.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 на лабораторних заняттях; 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 заліку 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

$$OM = (OL + OP) \times K + OT,$$

де OL – сума балів за лабораторні роботи;

OP – сума балів за РГР;

OT – сума балів за модульний тестовий контроль на ПЕОМ (OT=0-40);

K – ваговий коефіцієнт, K=0.6.

Оцінка лабораторних робіт та РГР проводиться згідно з таблицями 1-2.

Таблиця 1 – Лабораторні роботи модуля 1

Вид занять	Оцінка за тестове завдання	Виконання та захист	Загальна сума балів
Лабораторна робота 1	0-10	0-5	0-15
Лабораторна робота 2	0-10	0-5	0-15
Лабораторна робота 3	0-10	0-5	0-15
Лабораторна робота 4	0-10	0-5	0-15
РГР ч. 1		0-40	0-40
Сума балів	0-40	0-60	0-100

Таблиця 2 – Лабораторні роботи модуля 2

Вид занять	Оцінка за тестове завдання	Виконання та захист	Загальна сума балів
Лабораторна робота 5	0-10	0-10	0-20
Лабораторна робота 6	0-10	0-10	0-20
Лабораторна робота 7	0-10	0-10	0-20
РГР ч.2		0-40	0-40
Сума балів	0-40	0-60	0-100

Підсумкова оцінка визначається, як середньоарифметична оцінок двох модулів залікового кредиту.

Формування оцінки для студентів заочної форми навчання здійснюється відповідно до виразу

$$OZ = (OL + OK) \times K + OT,$$

де OL – сума балів за лабораторні роботи;

OK – сума балів за КР;

ОТ – сума балів за тестовий контроль на ПЕОМ (ОТ=0-40);
К – ваговий коефіцієнт , К=0.6.

Оцінка лабораторних робіт та КР проводиться згідно з таблицею 3.

Таблиця 3 – Лабораторні роботи та контрольна робота

Вид занять	Оцінка за тестове завдання	Виконання та захист	Загальна сума балів
Лабораторна робота 1	0-20	0-5	0-25
Лабораторна робота 2	0-20	0-5	0-25
КР		0-50	0-50
Сума балів	0-40	0-60	0-100

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 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.

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=10199> – очна форма навчання

<https://do.kart.edu.ua/course/view.php?id=10198> – заочна форма навчання