

Рекомендовано  
на засіданні кафедри  
Автоматики та комп'ютерного  
телекерування рухом поїздів  
протокол №6 від 25.06.2023 р.

## СИЛАБУС З ДИСЦИПЛІНИ ТЕОРІЯ ОПТИМАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ ДИНАМІЧНИМИ ОБ'ЄКТАМИ

Факультет інформаційно-керуючих систем та технологій

**освітній рівень** третій (доктор філософії)

**галузь знань** 27 Транспорт

**спеціальність** 275.02 Транспортні технології (залізничний транспорт)

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

Команда викладачів:

Хісматулін Володимир Шайдуллович (Кандидат технічних наук, професор), Контакти: +38 (057) 730-10-32, e-mail: <a href="mailto:khisvs@kart.edu.ua">khisvs@kart.edu.ua</a>
--

Години прийому та консультації: кожен понеділок з 12.40-14.00
---

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

Веб сторінка курсу: <a href="https://do.kart.edu.ua/course/view.php?id=7694">https://do.kart.edu.ua/course/view.php?id=7694</a>
---

Додаткові інформаційні матеріали: <a href="http://metod.kart.edu.ua">http://metod.kart.edu.ua</a>
---

## 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 третіх 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.

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

Метою дисципліни “Теорія оптимальних систем автоматичного керування” є засвоєння методів математичного формулювання та синтезу оптимальних структур типових технологічних об'єктів залізничного транспорту. Вона формує загальний науковий підхід до побудови оптимальних структур автоматичних систем, надає практичні навички у розробленні таких структур та оптимізації їх параметрів.

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 Інформаційний обсяг навчальної дисципліни

**Змістовий модуль 1.** 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.

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

**Змістовий модуль 2.** Синтез системи оптимального керування станом лінійного об'єкта за квадратичним критерієм якості

Квадратичний показник якості керування.

Математичне формулювання задачі синтезу системи оптимального керування станом лінійного об'єкта за квадратичним критерієм якості. Розв'язок задачі.

Структура оптимального регулятора стану. Асимптотичні властивості оптимального регулятора.

**Змістовий модуль 3.** Оптимальне оцінювання стану динамічних об'єктів

Загальна характеристика задачі оцінювання стану динамічних об'єктів. Критерії оптимальності оцінювання стану. Статистичні моделі вхідних діянь та вимірювань. Спостережуваність та умови спостережуваності лінійних стаціонарних об'єктів.

Синтез оптимального спостережувача стану по неповним та неточним вимірюванням. Структура фільтра Калмана. Асимптотичні властивості фільтра Калмана. Алгоритм Вінера.

Формулювання задачі синтезу оптимального спостерігача стану динамічного об'єкту по дискретним вимірюванням. Розв'язання задачі. Асимптотичні властивості оптимального спостерігача стану.

### **Практичні заняття**

№ з/п	Назва теми
1	Методи формалізації задачі оптимального керування заданим об'єктом
2	Моделі лінійних об'єктів у просторі станів.
3	Принцип максимуму Л.С. Понтрягіна. Властивості гамільтоніана при оптимальному керуванні.
4	Синтез системи оптимального керування станом лінійного об'єкта за квадратичним критерієм якості

5	Огляд задачі оцінювання стану динамічних об'єктів
6	Статистичні моделі вхідних діянь та вимірювань
7	Синтез оптимального спостережуваного стану по неповним та неточним вимірюванням.
8	Алгоритм Вінера.
9	Синтез оптимального спостерігача стану динамічного об'єкту по дискретним вимірюванням
10	Асимптотичні властивості оптимального спостерігача стану

### *Самостійна робота*

№ з/п	Назва теми
1	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.
2	Математичне формулювання варіаційної задачі оптимального керування заданим об'єктом.
3	Гамільтоніан та канонічна система рівнянь. Принцип максимуму Л.С. Понтрягіна. Властивості гамільтоніана при оптимальному керуванні.
4	Квадратичний показник якості керування
5	Математичне формулювання задачі синтезу системи оптимального керування станом лінійного об'єкта за квадратичним критерієм якості. Розв'язок задачі.
6	Структура оптимального регулятора стану. Асимптотичні властивості оптимального регулятора
7	Загальна характеристика задачі оцінювання стану динамічних об'єктів. Критерії оптимальності оцінювання стану.
8	Статистичні моделі вхідних діянь та вимірювань.
9	Синтез оптимального спостережуваного стану по неповним та неточним вимірюванням.
10	Структура фільтра Калмана. Асимптотичні властивості фільтра Калмана.
11	Алгоритм Вінера.
12	Формулювання задачі синтезу оптимального спостерігача стану динамічного об'єкту по дискретним вимірюванням. Розв'язання задачі. Асимптотичні властивості оптимального спостерігача стану.

### 3 Рекомендована література

#### *Основна*

1. Хісматулін В.Ш. Теорія оптимальних систем автоматичного керування : Навчальний посібник / В.Ш. Хісматулін, О.О. Сосунов, В.О. Сотник. – Харків: УкрДУЗТ, 2022. – 219 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., Сосунов О.О. Теорія оптимальних систем автоматичного керування : Лабораторний практикум. – Харків: УкрДУЗТ, 2017. – 58 с.
5. Ким Д.П. Теория автоматического управления. Т. 2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы: Учеб. пособие. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 464 с.

#### *Додаткова*

1. Астрецов Д.В. Следящие радиосистемы. Учебник. Екатеринбург, УрФУ, 2010.
2. В.А. Иванов, А.С. Ющенко. Теория дискретных систем автоматического управления 2-е издание, дополненное. – М, МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015.
3. Никитин, К.В. Теория автоматического управления. Дискретные системы управления [Электронный ресурс]: учебное пособие / К. В. Никитин; С.-Петербургский политехнический университет Петра Великого. — Электронная копия печатной публикации 2017 г. <URL:<http://elib.spbstu.ru/dl/2/i17-439.pdf>>.
4. Періодична науково-технічна література.

### 4 Ресурси курсу

1. <https://kart.edu.ua/wp-content/uploads/2020/06/kodex.pdf>[http://www.uz.gov.ua/about/general\\_information/entertainments/pktbit/](http://www.uz.gov.ua/about/general_information/entertainments/pktbit/)
2. [http://www.uz.gov.ua/press\\_center/up\\_to\\_date\\_topic/page-4/451889/](http://www.uz.gov.ua/press_center/up_to_date_topic/page-4/451889/)
3. <http://lib.kart.edu.ua/>
4. <https://kart.edu.ua/unit/cz-jakosti-vo>

### 5 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;;

б) 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.

## **6 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 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 залученості до роботи.

## **7 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=7694>