

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра мехатроніки та електротехніки (№ 305)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми /
Голова НМК

 Д.М. Кризький
(підпис) (ініціали та прізвище)

«30» 08 2021 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА *ОБОВ'ЯЗКОВОЇ*
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Спеціальні розділи теорії автоматичного управління

Галузь знань: 15 «Автоматизація та приладобудування»

Спеціальність: 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

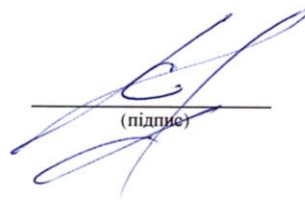
Освітня програма: «Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва»

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2021 рік

Розробник: Кочук С. Б., доцент каф. №305, к.т.н., доцент



(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри мехатроніки та електротехніки

Протокол № 1 від « 30 » серпня 2021 р.

ВО завідувача кафедри к.т.н., доцент



К. Ф. Фомичов

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)	
Кількість кредитів – 11,5	Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування» Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» Освітня програма «Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва» Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)	Обов'язкова	
Кількість модулів – 4		Навчальний рік	
Кількість змістових модулів – 5		2021/ 2022	
Індивідуальне завдання – РГР (4 сем.), РР (5 сем.)		Семестр	
Загальна кількість годин – 152/345		4-й	5-й
		Лекції	
		40 годин	32 годин
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4,5 самостійної роботи студента – 5		Практичні, семінарські	
		16 годин	24 годин
		Лабораторні	
		16 годин	24 годин
		Самостійна робота	
		108 годин	85 годин
		Вид контролю	
		модульний контроль, іспит	модульний контроль, іспит

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: – 152/193.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення: знання теоретичних основ побудови та розробки сучасних систем автоматичного управління (САУ); засвоєння основних методів математичного описування, аналізу і синтезу САУ комп'ютерно-інтегрованими технологічними процесами та виробництвами.

Завдання: отримання навичок формування структури САУ, розробки функціональних і структурних схем, побудови математичних моделей функціональних елементів, вирішення задач аналізу та синтезу системи, експериментального дослідження функціональних властивостей системи.

Компетентності, які набуваються:

- здатність застосовувати знання попередніх дисциплін для розуміння та аналізу процесів в САУ технологічними процесами (ЗК1, ЗК2, ФК1, ФК2, ФК3);
- знання принципів побудови й основних характеристик елементів САУ технологічними процесами (ЗК3, ФК2, ФК3);
- здатність використовувати методи математичного описування сигналів, елементів САУ та систем управління в часовій та частотній областях (ЗК1, ЗК2, ЗК6, ФК3, ФК4);
- здатність використовувати методи аналізу стійкості лінеаризованих і нелінійних неперервних САУ (ЗК1, ЗК2, ЗК3, ЗК6, ФК3, ФК4);
- здатність застосовувати методи аналізу якості управління лінійних неперервних САУ (ЗК1, ЗК2, ЗК3, ЗК6, ФК3, ФК4);
- здатність застосовувати методи розробки функціональних схем САУ (ФК7, ФК8, ФК11);
- здатність застосовувати методи корекції та синтезу лінеаризованих систем управління (ЗК1, ЗК2, ЗК3, ЗК6, ФК3, ФК4).

Очікувані результати навчання:

- розуміти суть процесів в об'єктах автоматизації, вміти проводити їх аналіз і обґрунтовувати вибір структури, алгоритмів та схем керування ними (ПРН4, ПРН11, ПРН13);
- вміти виконувати вербальний, графічний і математичний опис сигналів, елементів та систем управління в часовій і частотній областях (ПРН4, ПРН5, ПРН7);
- вміти оцінювати стійкість та якість управління неперервних САУ за допомогою сучасних методів (ПРН4, ПРН5, ПРН7);
- вміти коректувати та синтезувати САУ технологічними процесами та виробництвами (ПРН4, ПРН5, ПРН7, ПРН9, ПРН15);
- вміти вирішувати задачі стабілізації і позиціонування технологічних об'єктів за допомогою методів оптимального та адаптивного (ПРН4, ПРН5, ПРН6, ПРН7, ПРН9).

Пререквізити – дисципліна базується на знанні вищої математики, фізики, технічної механіки, загальної електротехніки й теорії кіл та електричних сигналів, виробничих процесів та обладнання об'єктів

автоматизації.

Кореквізити – забезпечує приводи автоматизованих технологічних процесів, інформаційне забезпечення гнучких виробничих систем, технічні засоби автоматизації та автоматизація технологічних процесів, основи проектування систем автоматизації, системи обробки сигналів.

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовий модуль 1. Лінійні САУ

Тема 1. Вступ до дисципліни «Спеціальні розділи ТАУ».

Предмет і задачі дисципліни. Місце дисципліни в загальній системі підготовки фахівців в галузі автоматика та управління. Призначення САУ. Основні поняття ТАУ. Об'єкти управління. Приклади САУ.

Тема 2. Математичне описування сигналів, елементів САУ і систем в часовій та частотній областях.

Фундаментальні принципи управління. Управління за задаючою дією. Управління за обурючою дією. Управління за відхиленням. Автоматичні регулятори. Типові закони управління. Релейний закон управління. Пропорційний закон управління. Інтегральний закон управління. Про пропорційно-інтегральний закон управління. Пропорційно-диференціальний закон управління. Пропорційно-інтегрально-диференціальний закон управління. Типова структура САУ. Основні функціональні елементи САУ. Класифікація систем управління. Математичне описування САУ у вигляді рівняння вхід-вихід. Застосування перетворення Лапласа. Передаточні функції, статичні та динамічні характеристики САУ. Типові ланки САУ та їх динамічні характеристики.

Тема 3. Стійкість неперервних САУ.

Стійкість САУ. Поняття стійкості САУ за О.М. Ляпуновим. Алгебраїчні критерії стійкості. Оцінювання стійкості. Оцінювання стійкості лінійних неперервних САУ за коренями характеристичного рівняння. Оцінювання стійкості САУ за критеріями Е. Рауса, А. Гурвиця. частотні критерії стійкості неперервних лінійних САУ. Критерій Г. Найквіста. Логарифмічний критерій.

Тема 4. Аналіз та синтез неперервних лінійних САУ.

Оцінка якості управління. Оцінка якості управління за перехідними характеристиками. Основні та допоміжні показники якості. Усталене значення вихідного сигналу. Усталене значення похибки за положенням. Час перехідного процесу. Перерегулювання. Кількість коливань, час першого максимуму. Ступінь затухання. Період коливань. Частота коливань. Аналіз якості управління за частотними характеристиками. Усталені значення вихідного сигналу та похибки. Показник коливальності. Полоса пропускання. Частота резонансу. Запаси стійкості за амплітудою і за фазою. Ступінь стійкості. Аналіз

точності САУ. Аналіз точності і якості управління за інтегральними оцінками. Аналіз точності САУ в сталому режимі при степеневих вхідних діях. Оцінка точності САУ в сталому режимі при гармонічних вхідних діях. Аналіз точності САУ при випадкових вхідних діях. Методи забезпечення потрібної точності САУ. Забезпечення потрібного порядку астатизму САУ. Вибір потрібної величини коефіцієнта передачі розімкненої системи. Масштабування задаючої дії та сигналу зворотного зв'язку. Комбіноване управління. Корекція систем управління.

Модульний контроль

Змістовний модуль 2. Недетерміновані САУ

Тема 5. Випадкові процеси в САУ.

Випадковий процес. Математичне очікування випадкового процесу. Щільність розподілення. Кореляційна функція. Дисперсія. Спектральна щільність випадкового процесу. Спектральна щільність вихідного сигналу. Спектральна щільність похибки. Середнє-квадратичне відхилення похибки. Оцінювання точності САУ при випадкових вхідних діях.

Модульний контроль

Модуль 2.

Змістовний модуль 1. Нелінійні САУ.

Тема 6. Нелінійні системи та їх аналіз.

Особливості нелінійних систем. Види нелінійностей. Правила перетворення структурних схем нелінійних САУ. Оцінювання стійкості нелінійних САУ за допомогою першого методу О.М. Ляпунова. Оцінювання стійкості нелінійних САУ за допомогою другого методу О.М. Ляпунова. Оцінювання стійкості нелінійних САУ за допомогою методу В.М. Попова. Аналіз якості управління нелінійних САУ за допомогою методу припасовування.

Модульний контроль

Модуль 3.

Змістовний модуль 1. Цифрові САУ.

Тема 7. Способи опису дискретних та цифрових САУ.

Математичний опис процесів квантування і імпульсної модуляції неперервних сигналів. Математичне описування дискретних елементів в часовій та частотній областях. Структурні схеми дискретних систем управління. Решітчасті функції та операції над ними. Дискретні перетворення Лапласа і Фур'є. Z-перетворення решітчастих функцій. Теорема В.О. Котельникова. Частотні характеристики фіксатора. Передаточна функція цифрового регулятора. Передаточна функція імпульсного фільтра. Передаточна функція послідовного з'єднання дискретних систем. Передаточна функція паралельного з'єднання дискретних систем. Передаточна функція зустрічно-паралельного з'єднання дискретних систем. Описування ЦСАУ у часовій області.

Тема 8. Аналіз цифрових САУ.

Стійкість лінійних цифрових САУ. Оцінювання стійкості лінійних цифрових САУ за коренями характеристичного рівняння. Оцінювання стійкості цифрових САУ за допомогою аналога критерію Гурвиця. Аналіз стійкості цифрових САУ за допомогою критерію Джурі. Логарифмічний критерій стійкості цифрових САУ. Рекурентний метод побудови перехідної характеристики цифрової САУ. Аналіз якості управління цифрових САУ. Оцінювання точності, швидкодії, перерегулювання, запасів стійкості за амплітудою і за фазою.

Модульний контроль

Модуль 4.

Змістовий модуль 1. Сучасні САУ.

Тема 9. Оптимальні САУ.

Загальні поняття оптимального управління. Критерії оптимальності. Постановка задачі оптимального управління. Основні види обмежень. Критерії ефективності. Типи задач оптимізації. Приклади оптимальних систем. Елементи класичного варіаційного числення. Основні поняття варіаційного числення. Принцип максимуму Понтрягіна. Принцип максимуму для автономних та неавтономних. Диференціальне рівняння Беллмана. Приклад синтезу оптимального управління за методом динамічного програмування. Постановка задачі аналітичного конструювання. Критерій якості керування. Матричне нелінійне рівняння Ріккати. Особливості вирішення задачі оптимізації.

Тема 10. Адаптивні та інтелектуальні САУ.

Поняття адаптивного управління. Формування задачі адаптивного управління. Вимоги до адаптивних систем. Тенденції розвитку адаптивних систем. Структура АСАУ. Принципи побудови адаптивних систем автоматичного управління. Екстремальні системи управління. САУ з еталонною моделлю. САУ зі змінною структурою. Безпошукові САУ із самоналагоджуванням. Безпошукові САУ з еталонною моделлю. АСАУ з оптимізацією якості. Інтелектуальні САУ. Нечіткі регулятори.

Модульний контроль

4. Структура навчальної дисципліни

Назва змістовного модуля і тем	Кількість годин				
	Усього	У тому числі			
		л	п	лаб.	с. р.
1	2	3	4	5	6
Модуль 1					
Змістовний модуль 1. Лінійні САУ					
Тема 1. Вступ до дисципліни «Спеціальні розділи ТАУ».	6	2	–	–	4
Тема 2. Математичне описування сигналів, елементів САУ і систем в часовій та частотній областях.	46	10	12	8	16
Тема 3. Стійкість неперервних САУ.	28	6	2	4	16
Тема 4. Аналіз та синтез неперервних лінійних САУ.	60	12	4	8	36 РГР
Модульний контроль					
Разом за змістовним модулем 1	140	30	18	20	72
Змістовний модуль 2. Недетерміновані САУ					
Тема 5. Випадкові процеси в САУ.	16	4	-		12
Модульний контроль					
Разом за змістовним модулем 2	140	30	18	20	12
Усього годин	156	34	18	20	84
Модуль 2					
Змістовний модуль 1. Нелінійні САУ					
Тема 6. Нелінійні системи та їх аналіз.	34	8		6	20
Модульний контроль					
Разом за змістовним модулем 3	140	30	18	20	72
Усього годин	34	8		6	20
Модуль 3					
Змістовний модуль 1. Цифрові САУ					
Тема 7. Способи опису дискретних та цифрових САУ.	40	12	10	4	14
Тема 8. Аналіз цифрових САУ.	43	6	2	4	31 РР
Модульний контроль					
Разом за змістовним модулем 4	83	18	12	8	45
Усього годин	83	18	12	8	45
Модуль 4					
Змістовний модуль 1. Сучасні САУ					
Тема 9. Оптимальні САУ	38	8	4	6	20
Тема 10. Адаптивні та інтелектуальні САУ	28	4	4	4	16
Модульний контроль					
Разом за змістовним модулем 5	66	12	8	10	36
Усього годин	66	12	8	10	36

5. Теми семінарських занять

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Устрій та принцип роботи сервоприводу.	2
2	Типові динамічні ланки.	4
3	Перетворення структурних схем.	2
4	Математичне описування системи стабілізації швидкості обертання двигуна постійного струму	4
5	Стійкість лінійних систем.	2
6	Синтез послідовного коректуючого пристрою.	4
7	Розрахунок області стійкості лінеаризованої нелінійної САУ.	2
8	Математичне описування дискретних елементів в часовій та частотній областях.	2
9	Математичний апарат цифрових САУ.	2
10	Передаточні функції цифрових САУ.	2
11	Оцінювання стійкості цифрових САУ.	2
12	Оцінювання точності цифрових САУ.	2
13	Аналіз якості цифрових САУ.	2
14	Приклади оптимальних систем.	2
15	Синтез оптимального управління за методом динамічного програмування.	2
16	Самоналагоджувані системи та нечіткі регулятори.	4
	Разом	40

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Експериментальне дослідження статичних характеристик об'єктів САУ.	4
2	Експериментальне дослідження динамічних характеристик об'єктів САУ.	4
3	Експериментальне дослідження замкненої САС. Принцип управління за відхиленням.	4
4	Дослідження статичних та динамічних характеристик сервоприводу.	4
5	Синтез ПИД-регулятора повздовжнього руху БПЛА.	4
6	Дослідження нелінійного сервоприводу.	4
7	Експериментальне дослідження впливу величини періоду квантування на стійкість цифрових САУ.	4

8	Експериментальне дослідження замкненої цифрової САС.	4
9	Дослідження оптимальної системи кутової стабілізації БПЛА.	4
10	Дослідження системи кутової стабілізації БПЛА з нечітким регулятором.	4
	Разом	40

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Аналіз розвитку автоматики.	4
2	Математичне описування елементарних динамічних ланок.	16
3	Стійкість САУ технологічними процесами.	16
4	Методика побудови логарифмічних частотних характеристик САУ.	14
5	Розрахунково-графічна робота на тему «Синтез послідовного коригуючого пристрою САУ».	24
6	Генератори випадкових процесів.	12
7	Нелінійні елементи в технологічних виробничих процесах.	20
8	Амплитудно- та широтноімпульсна модуляція безперервних сигналів в цифрових САУ.	16
9	Опис цифрової САУ дискретними рівняннями вхід-вихід.	15
10	Виконання розрахункової роботи на тему «Синтез ПІД-регулятора цифрової САУ».	20
11	Оптимальні САУ технологічними процесами.	20
12	Адаптивні (самоналагоджувальні) технологічні процеси.	16
	Разом	193

9. Індивідуальні завдання

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних занять, лабораторних робіт, індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники), проведення олімпіад.

11. Методи контролю

Проведення поточного контролю (комплексні контрольні роботи), письмового модульного контролю, фінальний контроль у вигляді іспитів.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

Семестр 4

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	0...1	10	0...10
Виконання та захист лабораторних (практичних) робіт	3...5	8	24...40
Модульний контроль	5...10	1	5...10
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...1	2	0...2
Виконання та захист лабораторних (практичних) робіт	3...5	1	3...5
Модульний контроль	5...10	1	5...10
Змістовний модуль 3			
Робота на лекціях	0...1	6	0...6
Виконання та захист лабораторних (практичних) робіт	3...5	3	9...15
Модульний контроль	5...10	1	5...10
Всього за семестр			60...100

Семестр 5

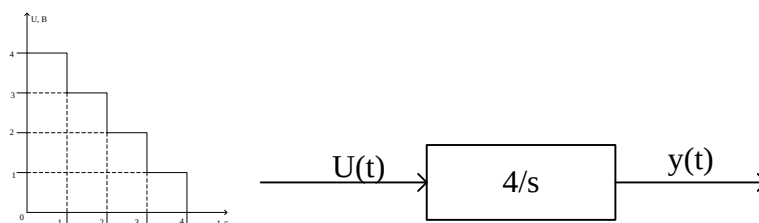
Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 4			
Робота на лекціях	0...1	5	0...5
Виконання та захист лабораторних (практичних) робіт	3...5	4	12...20
Модульний контроль	10...15	1	10...15
Змістовний модуль 5			
Робота на лекціях	0...1	5	0...5
Виконання та захист лабораторних (практичних) робіт	3...5	4	12...20
Модульний контроль	10...15	1	10...15
Всього за семестр			60...100

Білет для іспиту складається з теоретичних та практичних запитань курсу:

1. Типи дискретних систем та операції, які ними виконані.
2. Метод гармонічної лінеаризації.

3. Задача.

Знайти реакцію $y(t)$ на вплив, що задає $U(t)$.



Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови здобувача від балів поточного тестування та за наявності допуску до заліку. При складанні семестрового іспиту здобувач має можливість отримати максимум 100 балів.

Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Приклад 1

Необхідний обсяг *знань* для одержання позитивної оцінки:

- основні принципи побудови систем автоматичного керування;
- методи аналізу та синтезу САУ;
- методи опису об'єктів керування в часовій та частотній областях;

Необхідний обсяг *умінь* для одержання позитивної оцінки:

- описувати й розраховувати САУ;
- виконувати аналіз та синтез САУ об'єктами різної фізичної природи.

Приклад 2

Задовільно (60-74). Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі лабораторні роботи та домашні завдання. Вміти самостійно давати характеристику існуючим САУ, принципам їх побудови. Описувати об'єкти автоматизації за допомогою передавальних функцій.

Добре (75 - 89). Твердо знати мінімум знань, виконати усі завдання. Показати вміння виконувати та захищати всі лабораторні роботи в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах. Вміти аналізувати та оцінювати роботу САУ, синтезувати алгоритми керування.

Відмінно (90-100). Здати всі контрольні точки з оцінкою «відмінно». Досконально знати всі теми та вміти застосовувати їх.

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

13. Методичне забезпечення

1. Робоча програма навчальної дисципліни «Спеціальні розділи ТАУ».
2. Освітньо-професійна програма «Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва» за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» для підготовки бакалаврів. 2020р.
3. Конспект лекцій з дисципліни «Спеціальні розділи ТАУ».
4. Методичні вказівки і завдання до виконання лабораторних робіт.
5. Методичні вказівки і завдання до виконання практичних робіт.
6. Методичні вказівки і завдання до виконання розрахункових робіт.
7. Навчально-методичний комплекс дисципліни: <https://khai.edu.ua/education/fakultety-i-kafedry/fakultet-sistem-upravleniya-la/kafedra-mehatroniki-ta-elektrotehniki-305/>

14. Рекомендована література

Базова

1. Попович М. Г., Ковальчук О. В. Теорія автоматичного керування: Підручник. — 2-ге вид., перероб. і дог. — К.: Либідь, 2007. — 656 с. - ISBN: 966-06-0447-5, ISBN13: 978-966-06-0447-6.
2. Красовский А. А., Поспелов Г. С. Основы автоматики и технической кибернетики. — М.—Л.: Госэнергоиздат, 1962. — 600с.
3. Гоголюк П.Ф. Теорія автоматичного керування: навч. посіб. / П.Ф. Гоголюк, Т.М. Гречин. — Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2009. — 280 с. — ISBN: 978-966-553-725-0.
4. Іванов А. О. Теорія автоматичного керування: Підручник. / А. О. Іванов. — Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2003. — 250 с.
5. Фірсов С. М. Спеціальні розділи теорії автоматичного керування [Електронний ресурс] : навч. посіб. для самост. роботи / С. М. Фірсов, С. Б. Кочук, Ю. В. Білоконська. — Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2019. — 134 с.
6. Збірник задач із систем автоматичного управління / О. Г. Гордін, К. Ю. Дергачов, В. Г. Джулгаков та ін.; під заг. ред. А. С. Куліка, В. Ф. Симонова. — Х.: Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2009. — 206с.
7. Кочук С. Б. Математичні моделі літака як об'єкта управління [Текст]: Навч. посібник / С. Б. Кочук, С. М. Фірсов, К. Ф. Фомичов. — Харків : Нац. аерокосмічний ун-т «Харк. авіац. ін-т », 2016. — 74 с.
8. Справочник по теории автоматического управления / Под ред. А. А. Красовского. — М.: Наука, 1987. — 712с.

Допоміжна

1. Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления. Пер. с англ. — М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2002. — 832с.

2. Попов Е. П. Теория нелинейных систем автоматического регулирования и управления. / Е. П. Попов. – М.: Наука, 1988. – 256 с.
3. Цыпкин. Я. 3. Основы теории автоматических систем. / Я. 3. Цыпкин. – М.: Наука, 1977. – 560 с.
4. Опорний конспект лекцій з дисципліни “Теорія автоматичного управління” для студентів ОКР «бакалавр», 6050201 – «Системна інженерія» / Укл.: Николайчук Я.М., Возна Н.Я.– Тернопіль: Гал-друк, 2015. – 59 с.
5. Словарь терминов по системам управления летательных аппаратов /Кулик А. С. и др. – Х.: Гос. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2000. – 224с.
6. Клавдиев А.А. Теория автоматического управления в примерах и задачах. Часть 1: Учеб. пособие. – СПб.: СЗТУ, 2005. – 74с.

15. Інформаційні ресурси

Сайт університету <https://www.khai.edu>

Сайт кафедри <https://khai.edu/ua/education/fakultety-i-kafedry/fakultet-sistem-upravleniya-la/kafedra-mehatroniki-ta-elektrotehniki-305/>