

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

**ЗАТВЕРДЖУЮ:**

В.о.декана факультету  
комп'ютерних інформаційних  
технологій

Ігор ЯКИМЕНКО

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАТВЕРДЖУЮ:**

В. о. проректора з науково-  
педагогічної роботи

Віктор ОСТРОВЕРХОВ

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАТВЕРДЖУЮ:**

Директор навчально-наукового  
інституту новітніх освітніх технологій

Святослав ПИТЕЛЬ

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## РОБОЧА ПРОГРАМА

з дисципліни

«Оптимальні та адаптивні системи керування»

Ступінь вищої освіти – магістр

Галузь знань – 17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації  
спеціальності

Спеціальність – 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та  
робототехніка

Освітньо-професійна програма – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані  
технології

Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем

Форма навчання	Курс	Семестр	Лекції (год.)	Лабор. (год.)	ІРС (год.)	Тренінг (год)	СРС (год.)	Разом (год.)	Екзаме (сем)
Денна	1	1	30	15	5	4	96	150	1
Заочна	1	1	8	4			138	150	1

Робоча програма складена на основі освітньо-професійної програми підготовки бакалавра галузі знань 17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації, спеціальності – 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка, затвердженої Вченою радою ЗУНУ  
протокол № 10 від 23.06.2023р.

Робочу програму склав доцент кафедри спеціалізованих комп'ютерних систем  
к.т.н. доцент Пітух Ігор Романович

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри спеціалізованих комп'ютерних систем  
протокол № 1 від 28.08.2023р.

Завідувач кафедри СКС  Андрій СЕГІН

Розглянуто та схвалено групою забезпечення спеціальності автоматизація комп'ютерно-інтегровані технології  
протокол № 1 від 31.08.2023р.

Голова групи  
забезпечення спеціальності  к.т.н., доцент Андрій СЕГІН

Гарант ОП

 к.т.н., доцент Андрій СЕГІН

## СТРУКТУРА РОБОЧОЇ ПРОГРАМИ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### 1. Опис дисципліни „Оптимальні та адаптивні системи керування”

Дисципліна – Оптимальні та адаптивні системи керування	Галузь знань, спеціальність, СВО	Характеристика навчальної дисципліни
Кількість кредитів ДФН– 5	Галузь знань – 17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації	Статус дисципліни – обов’язкова Мова навчання - українська
Кількість залікових модулів – 4	Спеціальність - 174 Автоматизація, комп’ютерно- інтегровані технології та робототехніка	Рік підготовки: ДФН– 1, ЗФН - 1 Семестр: ДФН – 2, ЗФН – 1, 2
Кількість змістових модулів –2	Ступінь вищої освіти – магістр	Лекції: ДФН –30 год. ЗФН – 8 год. Практичні заняття: ДФН – 15год. ЗФН – 4 год.
Загальна кількість годин ДФН– 150 ЗФН-150		СРС: ДФН – 100год. ЗФН – 108 год.
Тижневих годин: 10 год., з них аудиторних –3 год.		Вид підсумкового контролю ДФН– екзамен, ЗФН- екзамен

### 2. Мета й завдання вивчення дисципліни „Оптимальні та адаптивні системи керування”

#### 2.1. Мета завдання дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни “Оптимальні та адаптивні системи керування” є вивчення принципів створення систем оптимального та адаптивного керування, алгоритмів їх функціонування, методів оптимізації функції та функціоналів.

#### 2.2 Завдання вивчення дисципліни полягає у

Основними завданнями вивчення дисципліни є вироблення у студентів вміння застосовувати сучасні методи оптимізації процесів керування для синтезу алгоритмів оптимального та адаптивного керування.

#### 2.3.Перелік компетентностей, формування котрих забезпечує вивчення дисципліни

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

Здатність аналізувати виробничо-технологічні системи і комплекси як об’єкти автоматизації, визначати способи та стратегії їх автоматизації та цифрової трансформації.

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

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

#### 2.4 Передумови для вивчення дисципліни.

Засвоєння знань за програмою вступного фахового випробування за спеціальністю.

#### 2.5. Результати навчання

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

Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки, а також критичне осмислення сучасних проблем у сфері автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій для розв'язування складних задач професійної діяльності.

Розробляти комп'ютерно-інтегровані системи управління складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами, застосовуючи системний підхід із врахуванням нетехнічних складових оцінки об'єктів автоматизації.

Аналізувати виробничо-технічні системи у певній галузі діяльності як об'єкти автоматизації і визначати стратегію їх автоматизації та цифрової трансформації.

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.

Розробляти функціональну, організаційну, технічну та інформаційну структури систем автоматизації складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами, розробляти програмно-технічні керуючі комплекси із застосуванням мережових та інформаційних технологій, промислових контролерів, мехатронних компонентів, робототехнічних пристроїв, засобів людино-машинного інтерфейсу та з урахуванням технологічних умов та вимог до управління виробництвом.

Дотримуватись норм академічної доброчесності, знати основні правові норми щодо захисту інтелектуальної власності, комерціалізації результатів науково-дослідної, винахідницької та проектної діяльності.

Збирати необхідну інформацію, використовуючи науково-технічну літературу, бази даних та інші джерела, аналізувати і оцінювати її.

### **3. Програма навчальної дисципліни „Оптимальні та адаптивні системи керування”**

*Змістовний модуль 1. Синтез оптимальних алгоритмів керування у САК*

#### **Тема 1. Вступ. Основні поняття та положення в теорії оптимальних і адаптивних САК.**

Історія розвитку теорії оптимізації та адаптації керування в технічних САК. Вклад вітчизняних вчених. Мета вивчення дисципліни. Основні поняття та визначення в теорії оптимальних і адаптивних САК. Математичні методи опису динаміки САК. Керованість та спостереженість об'єктів керування.

Література: 1-10.

#### **Тема 2. Модальні методи синтезу оптимальних регуляторів.**

Модальні методи синтезу оптимальних регуляторів. Синтез спостережних пристроїв для САК. Побудова замкнутих САК з спостережними пристроями.

Література: 1-10.

#### **Тема 3. Критерії оптимізації.**

Поставка задачі оптимального керування. Характеристика критеріїв оптимізації. Методи класичного варіаційного числення в задачах оптимізації. Рівняння Ейлера, Ейлера-Лагранжа, Ейлера-Пуассона. Переваги та недоліки класичного варіаційного числення для синтезу оптимальних САК.

Література: 1-10.

#### **Тема 4. Методи динамічного програмування.**

Методи динамічного програмування. Функціональне рівняння Р.Беллмана для задач оптимізації при відсутності та наявності обмежень на керування Приклади синтезу оптимальних САК.

Література: 1-10.

#### **Тема 5. Принцип максимуму.**

Принцип максимуму акад. Понтрягіна Л.С. Особливості розв'язку оптимізаційних задач за допомогою принципу максимуму при відсутності та наявності обмежень на керування. Зв'язок динамічного програмування Р.Беллмана і принципу максимуму акад. Понтрягіна Л.С.

Література: 1-10.

#### **Тема 6. Синтез оптимальних за швидкодією САК.**

Особливості синтезу оптимальних за швидкодією САК. Теорема по  $n$ - інтервалів. Квазіоптимальні САК. Термінальні САК та їх синтез. Характеристика задач аналітичного

конструювання оптимальних регуляторів (АКОР). Розв'язок задач АКОР для заданої та довільної структури регулятора. Застосування рівнянь Ріккати.

Література: 1-10.

*Змістовний модуль 2. Системи екстремального керування. Системи адаптивного керування.*

#### **Тема 7. Системи екстремального керування.**

Постановка задачі екстремального керування. Приклади об'єктів керування з екстремальними статичними характеристиками. Принципи побудови одномірних систем екстремального керування. Статичні та динамічні характеристики систем екстремального керування. Методи поліпшення якісних показників систем екстремального керування. Кореляційно-екстремальні САК та особливості їх використання.

Література: 1-10.

#### **Тема 8. Пошукові адаптивні САК.**

Пошукові адаптивні САК. Регулярні та випадкові методи пошуку багатомірних екстремумів. Безпошукові адаптивні САК. Методи одержання інформації про об'єкт керування в адаптивних системах.

Література: 1-10.

#### **Тема 9. Безпошукові адаптивні САК.**

Безпошукові адаптивні САК з моделлю і параметричною настройкою. Приклад розрахунку блоку адаптації такої адаптивної САК.

Література: 1-11.

#### **Тема 10. Методи синтезу блоку адаптації**

Характеристика різних аналітичних методів синтезу блоку адаптації. Переваги та недоліки цих методів. Неадаптивні САК з адаптивними властивостями. Системи зі змінною структурою. Перспективні розвитку адаптивних САК. Література: 1-11.

### **4. Структура залікового кредиту дисципліни „Оптимальні та адаптивні системи керування”**

#### **ДФН**

	Кількість годин				
	Лекції	Практ. заняття	Самостійна робота	Індивідуальна робота	Контрольні заходи
<i>Змістовний модуль 1. Синтез оптимальних алгоритмів керування у САК</i>					
Тема 1. Вступ. Основні поняття та положення в теорії оптимальних і адаптивних САК.	2		10		Поточне опитування
Тема 2. Модальні методи синтезу оптимальних регуляторів.	4	1	10		Поточне опитування
Тема 3. Критерії оптимізації.	4	1	10		Поточне опитування
Тема 4. Методи динамічного програмування.	4	1	10		Поточне опитування
Тема 5. Принцип максимуму.	2	2	10		Поточне опитування
Тема 6. Синтез оптимальних за швидкодією САК.	4	2	10		Модуль 1
<i>Змістовний модуль 2. Системи екстремального керування. Системи адаптивного керування</i>					
Тема 7. Системи екстремального керування.	4	2	10		Поточне опитування
Тема 8. Пошукові адаптивні САК.	2	2	10		Поточне опитування
Тема 9. Безпошукові адаптивні САК.	2	2	10		Модуль 2
Тема 10. Методи синтезу блоку адаптації	2	2	10		Модуль 3
<b>Разом</b>	<b>30</b>	<b>15</b>	<b>100</b>		<b>Іспит</b>

## ЗФН

	Лекції	Практ. заняття	Самостійна робота	Контрольні заходи
Тема 1. Вступ. Основні поняття та положення в теорії оптимальних і адаптивних САК.	1		20	Поточне опитування
Тема 2. Модальні методи синтезу оптимальних регуляторів.	1	1	15	Поточне опитування
Тема 3. Методи динамічного програмування.	1		20	Поточне опитування
Тема 4. Принцип максимуму.	1	1	18	Поточне опитування
Тема 5. Системи екстремального керування.	1		15	Поточне опитування
Тема 6 Пошукові адаптивні САК.	1	1	20	Поточне опитування
Тема 7. Безпошукові адаптивні САК.	1		20	Поточне опитування
Тема 8. Методи синтезу блоку адаптації	1	1	20	Поточне опитування
<b>Разом</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>138</b>	<b>Іспит</b>

### 5. Тематика практичних занять.

#### Практичне заняття № 1

Тема: Задачі оптимізації функціоналів. Рівняння Ейлера-Лагранжа.

Мета: одержання практичних навичок пошуку екстремуму функціоналу заданого виду та перевірка одержаних результатів з використанням MatLab.

Питання для обговорення:

1. Функціонал. Екстремум.
2. Рівняння Ейлера
3. Команди MatLab

Література: 1-10.

#### Практичне заняття № 2

Тема: Задачі на умовний екстремум функціоналів.

Мета: одержання практичних навичок пошуку умовного екстремуму функціоналу заданого виду та перевірка одержаних результатів з використанням MatLab

Питання для обговорення:

1. Задача на умовний екстремум функціоналів.
2. Скінченні (головні) зв'язки.
3. Неголовні (диференційні) зв'язки.
4. Ізопериметричні рівняння.

Література: 1-10.

#### Практичне заняття № 3

Тема: Точний розв'язок задач варіаційного числення для двомірних задач.

Мета: одержання практичних навичок пошуку екстремуму функціоналу заданого виду

Питання для обговорення:

1. Диференційне рівняння II порядку.
2. Графічні залежності.

Література: 1-10.

#### Практичне заняття № 4

Тема: Точний розв'язок задач оптимального керування

Мета: одержання практичних навичок розв'язання задач оптимального управління

Питання для обговорення:

1. Оптимальне програмне управління.
2. Оптимальне стабілізуюче управління

Література: 1-10.

### Практичне заняття № 5

Тема: Точний розв'язок задач про брахістохрону.

Мета: одержання практичних навичок в розв'язанні варіаційних задач

Питання для обговорення:

1. Теорема про зміну кінетичної енергії.
2. Задача про брахістохрону.

Література: 1-11.

### Практичне заняття № 6

Тема: Синтез оптимальних за швидкістю систем.

Мета: одержання практичних навичок в застосуванні принципу максимуму при вирішенні задач оптимальної швидкодії.

Питання для обговорення:

1. Об'єкт управління.
2. Функція Гамільтона
3. Фазові траєкторії
4. Оптимальна траєкторія

Література: 1-10.

### Практичне заняття № 7

Тема: Наближені методи знаходження розв'язку крайових задач.

Мета: одержання практичних навичок в реалізації чисельних методів розв'язання крайових задач обраною мовою програмування.

Питання для обговорення:

1. Метод стрільти (пристрілки).
2. Метод Рунге-Куты.

Література: 1-10.

### Практичне заняття № 8

Тема: Рух тіла змінної маси.

Мета: одержання практичних навичок в реалізації чисельних методів розв'язання варіаційних задач обраною мовою програмування

Питання для обговорення:

1. Варіаційна задача.
2. Параметри задачі.

Література: 1-10.

### 6. Комплексне практичне індивідуальне завдання.

Індивідуальне завдання з курсу „Оптимальні та адаптивні системи керування” виконується самостійно студентом на основі сформованого завдання. Комплексне практичне індивідуальне завдання охоплює основні теми курсу. Метою виконання завдання є засвоєння студентом конкретного завдання у вибраній галузі.

Комплексне практичне індивідуальне завдання повинно містити:

1. Теоретичний опис обраної області;
2. Опис поставленого завдання;
3. Шляхи розв'язання поставленого завдання;
4. Представлення результатів.

Виконання КПЗ є одним із обов'язкових складових модулів залікового кредиту.

### 7. Самостійна робота

№ п/п	Тематика
1	Оптимальне програмне управління.
2	Оптимальне стабілізуюче управління.
3	Загальна задача управління
4	Теорема принципу максимуму.
5	Метод динамічного програмування.
6	Принцип оптимальності
7	Оптимальне за швидкістю управління лінійними об'єктами

8	Теорема про n інтервалів.
9	Метод Ньютона для одновимірного випадку
10	Тренінг

### 8. Тренінг з дисципліни.

*Порядок проведення тренінгу:*

Вступна частина проводиться з метою ознайомлення студентів з темою тренінгу.

Організаційна частина полягає у створенні робочого настрою у колективі студентів.

Практична частина реалізується шляхом виконання завдань з певних проблемних питань теми тренінгу.

Підведення підсумків. Обговорення результатів виконаних завдань. Обмін думками з питань, що виносились на тренінг.

*Рекомендується проведення тренінгу за темами:*

Рішення завдань на максимальну швидкість за допомогою принципу максимуму із застосуванням теореми про N інтервалів.

Оптимізація виробничого циклу.

### 9. Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання.

У процесі вивчення дисципліни „Оптимальні та адаптивні системи керування” використовуються наступні засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання:

- поточне опитування;
- залікове модульне тестування та опитування;
- оцінювання результатів КППЗ;
- завдання на лабораторному обладнанні, тощо;
- ректорська контрольна робота;
- екзамен;
- інші види індивідуальних та групових завдань.

### 10. Критерії, форми поточного та підсумкового контролю

Підсумковий бал (за 100-бальною шкалою) з дисципліни „Оптимальні та адаптивні системи керування” визначається як середньозважена величина, залежно від питомої ваги кожної складової залікового кредиту:

Семестр 2 – іспит

Заліковий модуль 1	Заліковий модуль 2 (ректорська контрольна робота)	Заліковий модуль 3 (підсумкова оцінка за КППЗ)	Заліковий модуль 4 (письмовий екзамен)
20 %	20 %	20 %	40 %
1. Письмова робота – мах 40 балів. 2. Практичне завдання: 4 практичні заняття по 15 балів – мах 60 балів.	1. Письмова робота – мах 40 балів. 2. Практичне завдання: 4 практичні заняття по 15 балів – мах 60 балів.	1. Підготовка КППЗ – мах 40 балів. 2. Захист КППЗ – мах 40 балів. 3. Участь у тренінгах – мах 20 балів	1. Теоретичні питання: 3 питання по 25 балів - мах 75 балів. 2. Практичне завдання - мах 25 балів

### Шкала оцінювання

За шкалою університету	За національною шкалою	За шкалою ECTS
90–100	відмінно	A (відмінно)
85–89	добре	B (дуже добре)
75–84		C (добре)
65–74	задовільно	D (задовільно)
60–64		E (достатньо)
35–59	незадовільно	FX (незадовільно з можливістю повторного складання)
1–34		F (незадовільно з обов'язковим повторним курсом)



**11. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна.**

№	Найменування	Номер
1	Мультимедійний проектор та проекційний екран	1-10
2	Персональні комп'ютери	1-10
3	Комунікаційне програмне забезпечення (Zoom) для проведення занять у режимі он-лайн (за необхідності)	1-10
4	Комунікаційна навчальна платформа (Moodle) для організації дистанційного навчання (за необхідності)	1-10
5.	Електронний варіант лекцій	1-10
6.	Інструкції до виконання практичних робіт (електронний варіант)	1-8
7	Обладнання: Мультимедійний проектор EB-S05 (1 шт.), рік виготовлення 2018, рік введення в експлуатацію 2019. Ремонт не потребує. Комп'ютер на базі процесора Intel(R) Celeron(R) J4005 (2.0 GHz, RAM 4GB, HDD 500 GB) Дата введення в експлуатацію 2019 р.(12 шт.); Монітор: Generic PnP (12 шт.).	1-8
8	Операційна система: Windows 10, Базове програмне забезпечення: MS Office, телекомунікаційне програмне забезпечення (Internet Explorer, Opera, Google Chrome, Firefox). Система дистанційного навчання: Moodle, Zoom (версія: 5.11.10) Спеціалізоване програмне забезпечення: Codesys (версія 3.5.16.41), SCADA Trace Mode 6 для Windows (базова інструментальна система @TRACE MODE).	1-8

**РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ**

1. Пітух І.Р. Особливості побудови архітектур інтерактивних систем моніторингу об'єктів на основі кластерних моделей // Проектування комп'ютерно-інтегрованих систем: Монографія / за загальною редакцією А.І. Сегіна / І.Р.Пітух – Тернопіль: ВПЦ «Університетська думка» 2023.- с.192-220.

2. Kondratenko Y.P., Kuntsevich V.M., Chikrii A.A., Gubarev V.F. (eds.) Advanced Control Systems - Theory and Applications. River Publishers, 2021. — 478 p Пітух І.Р., Возна Н.Я., Николайчук Я.М. Спосіб контролю параметрів технологічного процесу // Пат.134154 Україна МПК G05B 23/02 (2006.01), G06F 15/00, G06F 17/40 (2006.01) Спосіб контролю параметрів технологічного процесу / № u201809554 заявл.14.09.2018; опубл.10.05.2019, Бюл. №9.

3. Перспективи вдосконалення алгоритмів обчислення та процесів побудови інформаційних логіко-статистичних моделей у базисі Хаара-Крестенсона / І.Р. Пітух // Науковий вісник НЛТУ України. - 2019. - Т. 29, № 5. - С. 151-155.

4. Перспективи вдосконалення алгоритмів обчислення та процесів побудови інформаційних логіко-статистичних моделей у базисі Хаара-Крестенсона / І.Р. Пітух // Науковий вісник НЛТУ України. - 2019. - Т. 29, № 5. - С. 151-155

5. Bolton W. Instrumentation and Control Systems.3rd edition. —Newnes, 2021. — 375 p.

6. Groover Mikell. Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing. 5th edition. - Pearson, 2018. - 805 p

7. Baillieul J., Samad T. (eds.) Encyclopedia of Systems and Control. 2nd edition: - New York: Springer, 2021. — 297 p.

8. Fortuna L. Frasca M. Buscarino A. Optimal and Robust Control Advanced Topics with MATLAB. 2nd Edition. — CRC Press, Boca Raton, 2022. — 322 p

9. Liu J. Intelligent Control Design and MatLab Simulation. New York: Springer, 2018. — 294 p

10. Palani S. Automatic Control Systems: With Matlab. 2nd Edition. — Springer, 2022. — 922 p

11. Пітух І.Р. Способи організації руху моніторингових, інтерактивних і діалогових даних у структурах розподілених комп'ютерних систем. Вісник НЛТУ України Том 31, №34. – Львів, 2021. – С.101-109

12. Пітух І.Р. Теорія та принципи діалогового моніторингу просторово розподілених об'єктів. Вісник НЛТУ України Том 31, №1. – Львів, 2021. – С.110-117