

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ  
імені адмірала Макарова

ХЕРСОНСЬКИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра автоматики та електроустаткування

Т8617



**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Program of the Discipline**

**«АДАПТИВНЕ ТА РОБАСТНЕ КЕРУВАННЯ»  
«ADAPTIVE AND ROBUST CONTROL»**

Рівень вищої освіти	<i>другий (магістерський)</i>
тип дисципліни	<i>обов'язкова</i>
мова викладання	<i>українська</i>

Робоча програма навчальної дисципліни «Адаптивне та робастне керування» для студентів галузі знань 14 - «Електрична інженерія», спеціальність 141 - «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітня - професійна програма «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод»

«11» травня 2022 року – 27 с.

Розробник: Блінцов В.С., професор кафедри автоматики та електроустаткування, доктор технічних наук.

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Адаптивне та робастне керування» узгоджено з гарантом освітньої програми

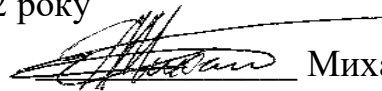
Гарант освітньої програми «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод»

к.т.н., проф.  Якимчук Г. С.

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Адаптивне та робастне керування» розглянуто та ухвалено на засіданні кафедри автоматики та електроустаткування.

Протокол № 06 від «13» травня 2022 року

Завідувач кафедри



Михаліченко П.Є.

Робоча програма навчальної дисципліни «Адаптивне та робастне керування» затверджено методичною радою ХННІ НУК.

Протокол №10 від «19» травня 2022 р.

Голова методичної ради ХННІ НУК



О.М. Дудченко

© ХФ НУК, 2022 рік

## Зміст

	стор.
Вступ.....	4
1 Опис навчальної дисципліни.....	5
2 Мета вивчення навчальної дисципліни.....	6
3 Передумови для вивчення дисципліни.....	6
4 Очікувані результати навчання .....	6
5 Програма навчальної дисципліни.....	7
6 Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування.....	17
7 Форми поточного та підсумкового контролю.....	18
8 Критерії оцінювання результатів навчання.....	19
9 Засоби навчання.....	22
Рекомендовані джерела інформації .....	23
10	
Додаток.....	25

## ***ВСТУП***

### ***Анотація***

Програма вивчення навчальної дисципліни «Адаптивне та робастне керування» циклу професійної підготовки складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки магістра галузі знань 14 - «Електрична інженерія» спеціальність 141 - «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» освітньо-професійна програма «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод».

Метою вивчення навчальної дисципліни є призначена активізувати застосування магістрами перспективних методів керування складними, погано формалізованими об'єктам з невизначеними власними параметрами та/або такими об'єктами на які діють невизначені збурення.

Міждисциплінарні зв'язки: навчальна дисципліна ґрунтується на таких дисциплінах: системи керування електроприводами, основи електроенергетики та електропостачання.

Ключові слова: керування, погано формалізованими об'єктами, невизначеними параметрами.

### ***Annotation***

The study program of the academic discipline "Adaptive and robust control" of the cycle of professional training is compiled in accordance with the educational and professional program of master's training in the field of knowledge 14 - "Electrical engineering" specialty 141 - "Electric power, electrical engineering and electromechanics" educational and professional program "Electromechanical systems of automation and electric drive".

The purpose of the study of the academic discipline is intended to activate the application by masters of promising management methods to complex, poorly formalized objects with uncertain own parameters and/or such objects that are affected by uncertain disturbances.

Interdisciplinary connections: the academic discipline is based on the following disciplines: electric drive control systems, fundamentals of electric power engineering and power supply.

Keywords: control, poorly formalized objects, undefined parameters.

## 1. Опис навчальної дисципліни

Таблиця 1.1

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, (освітня програма) освітній рівень	Характеристика навчальної дисципліни
		денна форма навчання
Кількість кредитів – 9	<b>Галузь знань</b> 14 - «Електрична інженерія»	Нормативна
Модулів - 2	<b>Спеціальність</b> 141“»Електроенергетика, електротехніка та Електромеханіка»	<b>Рік підготовки</b> 1-й
Змістових модулів - 4		<b>Семестри</b> 1-й, 2-й
Електронний адрес на сайті ХННІ НУК: <a href="http://www.kb.nuos.edu.ua/Licensing%20and%20accreditation%20specialties/Electricity-electronics-and-electrical-engineering.html">http://www.kb.nuos.edu.ua/Licensing%20and%20accreditation%20specialties/Electricity-electronics-and-electrical-engineering.html</a>		<b>Лекції</b> 1-й семестр – 30 год. 2-й семестр - 30 год.
Загальна кількість годин – 270		<b>Практичні</b> 1-й семестр – 0 год. 2-й семестр - 30 год.
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних: 1-й семестр – 2 2-й семестр - 4 самостійної роботи студента: 1-й семестр – 4 2-й семестр - 4		<b>Освітня програма</b> «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод»
	<b>Освітній рівень: другий (магістерський)</b>	<b>Курсовий проект</b> 2-й семестр - 60 год.
		<b>Види контролю:</b> 1-й семестр – екзамен 2-й семестр - екзамен
		<b>Форма контролю:</b> Комбінована (письмовий контроль, тестовий контроль)

## **2. Мета вивчення навчальної дисципліни**

Метою вивчення навчальної дисципліни «Адаптивне та робастне керування» є формування у студентів згідно зі проекту стандарту вищої освіти України підготовки магістрів з галузі знань 14 Електрична інженерія спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Інтегральна компетентність - здатність розв'язувати спеціалізовані задачі та вирішувати практичні проблеми під час професійної діяльності у галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки або в процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів фізики та інженерних наук і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Загальні компетентності:

**ЗК3.** Здатність до використання інформаційних і комунікаційних технологій.

**ЗК6.** Здатність приймати обґрунтовані рішення.

**ЗК7.** Здатність вчитися та оволодівати сучасними знаннями.

*Фахові компетентності:*

**ФК2.** Здатність застосовувати існуючі та розробляти нові методи, методики, технології та процедури для вирішення інженерних завдань електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

**ФК4.** Здатність розробляти та впроваджувати заходи з підвищення надійності, ефективності та безпеки при проектуванні та експлуатації обладнання та об'єктів електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

**ФК11.** Здатність оцінювати показники надійності та ефективності функціонування електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних об'єктів та систем.

**ФК 14\*.** Здатність використовувати програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання, автоматизованого проектування, автоматизованого виробництва і автоматизованої розробки або конструювання елементів електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем.

## **3. Передумови для вивчення дисципліни**

Передумовами для вивчення даної дисципліни є дисципліни: «Системи керування електроприводами», «Основи електроенергетики та електропостачання».

## **4. Очікувані результати навчання**

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у студентів таких результатів навчання:

**ПР1.** Знаходити варіанти підвищення енергоефективності та надійності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання й відповідних комплексів і систем.

**ПР7.** Володіти методами математичного та фізичного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах.

**ПР15.** Поєднувати різні форми науково-дослідної роботи і практичної діяльності з метою подолання розриву між теорією і практикою, науковими досягненнями і їх практичною реалізацією.

**ПР20.** Виявляти основні чинники та технічні проблеми, що можуть заважати впровадженню сучасних методів керування електроенергетичними, електротехнічними та електромеханічними системами.

## **5. Програма навчальної дисципліни**

### **1-й семестр**

#### **Модуль 1**

#### **Змістовий модуль 1.1.**

Тема 1. Методи дослідження та синтезу нелінійних та адаптивних систем. Вступ до адаптивного та робастного керування. Загальні відомості про об'єкти керування, які можуть бути описані системою звичайних нелінійних диференціальних рівнянь.

Джерела інформації: [1, с. 12-18]

Тема 2. Математичні визначення та базові поняття. Основи сучасної теорії стійкості. Стійкість адаптивних систем. Синтез нелінійних керувань. Системи із спостерігачами стану.

Джерела інформації: [1, с. 19-25]

Тема 3. Спостерігачі механічних координат в електромеханічних системах. Спостерігач невідомого моменту навантаження для двигуна постійного струму. Дослідження динамічних режимів спостерігача.

Джерела інформації: [2, с. 27-37]

Тема 4. Спостерігач кутової швидкості на основі інформації про кутове положення. Спостерігачі кутової швидкості повного та зниженого порядку для двигуна постійного струму. Спостерігач кутової швидкості зниженого порядку.

Джерела інформації: [2, с. 37-48]

Тема 5. Адаптивне та робастне керування координатами електродвигунів з використанням спостерігачів. Спостерігачі електромеханічних об'єктів із гармонійних осцилятором. Дослідження динамічних режимів.

Джерела інформації: [3, с. 45-50]

Тема 6. Спостерігачі вектора потокозчеплення ротора зниженого та повного порядку. Спостерігач вектора потокозчеплення ротора зниженого порядку.

Джерела інформації: [3, с. 50-52]

Тема 7. Спостерігач вектора потокозчеплення ротора повного порядку. Спостерігач електричних змінних асинхронного двигуна повного порядку, який базується на його властивостях пасивності.

Джерела інформації: [3, с. 51-54]

### **Змістовий модуль 1.2.**

Тема 8. Адаптивні до змін активного опору статорного та роторного кола спостерігачі вектора потокозчеплення ротора. Адаптивний до змін активного опору роторного кола спостерігач вектора потокозчеплення ротора (локально асимптотично стійкий).

Джерела інформації: [3, с. 54-57]

Тема 9. Дослідження динамічних процесів ідентифікації активних опорів статора і ротора методом математичного моделювання.

Джерела інформації: [3, с. 57-62]

Тема 10. Адаптивне та робастне керування координатами електродвигунів з використанням спостерігачів.

Джерела інформації: [5, с. 55-60]

Тема 11. Бездавачеве керування електромеханічними координатами на основі натуральних властивостей стійкості.

Джерела інформації: [5, с. 60-64]

Тема 12. Бездавачевий алгоритм відпрацювання кутової швидкості, оснований на природних властивостях стійкості двигуна постійного струму.

Джерела інформації: [5, с. 65-67]

Тема 13. Специфіка та дослідження динамічних режимів. Алгоритм частотного керування швидкістю асинхронного двигуна з натуральною орієнтацією по вектору потокозчеплення статора.

Джерела інформації: [5, с. 67-69]

Тема 14. Компенсація впливу активного опору статора на швидкостях нижче номінальної.

Джерела інформації: [5, с. 69-72]

Тема 15. Пряме векторне керування швидкістю та модулем вектора потокозчеплення асинхронного двигуна при струмовому керуванні.



Джерела інформації: [5, с. 72-74]

**2-й семестр**  
**Модуль 2**  
**Змістовний модуль 2.1**

Тема 16. Поняття про невизначеність. Невизначеність в Matlab.

Джерела інформації: [7, с. 121-126]

Тема 17. Модель реальної фізичної системи. Структура системи, що включає потенційні невизначеності.

Джерела інформації: [7, с. 127-134]

Тема 18. Невизначені параметри, невизначені матриці та невизначені об'єкти. Випадкові об'єкти.

Джерела інформації: [7, с. 135-143]

Тема 19. Види невизначеності. Параметрична невизначеність. Н $\infty$  - оптимізація.

Джерела інформації: [8, с. 175-180]

Тема 20. Афінна невизначеність. Дробово - лінійний опис невизначеності.

Джерела інформації: [8, с. 180-186]

Тема 21. Робастна стійкість поліномів та матриць. Принцип включення нуля. Теорема Харитонова. Графічний критерій.

Джерела інформації: [9, с. 190-204]

Тема 22. Робастна стійкість при невизначених передавальних функціях. Критерії робастної стійкості сімейств замкнутих систем.

Джерела інформації: [10, с. 214-228]

Тема 23. Аддитивні та мультиплікативні відхилення. Робастні критерії стійкості. Робастна стабілізація за допомогою регуляторів низького порядку. Способи робастної стабілізації.

Джерела інформації: [11, с. 244-247]

Тема 24. П-регулятор. Стабілізація невизначеного об'єкта скалярним зворотнім зв'язком. D - розбиття.

Джерела інформації: [11, с. 247-249]

Тема 25. Робастний квадратичний стабілізатор та лінійно-квадратичний регулятор. Принцип стабілізації за допомогою робастного квадратичного стабілізатора.

Джерела інформації: [11, с. 249-252]

Тема 26. Принцип роботи робастного лінійного-квадратичного регулятора. Норми передатних функцій. Принцип  $H_2$ ,  $H_\infty$  - оптимізація. Норми передатних функцій.

Джерела інформації: [11, с. 252-257]

Тема 27. Поняття норми динамічної системи.

Джерела інформації: [11, с. 257-261]

Тема 28.  $\mu$  - аналіз та синтез. Принцип  $\mu$  - аналіз. Принцип  $\mu$  - синтезу. Особливості  $\mu$  - аналізу.

Джерела інформації: [11, с. 261-265]

Тема 29. Особливості матриці  $\Delta$ .

Джерела інформації: [11, с. 265-267]

Тема 30. Переваги та недоліки  $\mu$  - синтезу.

Джерела інформації: [11, с. 267-269]

## 5.1. Структура навчальної дисципліни

Таблиця 5.1

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	денна форма				
	усього	у тому числі			
		Лекц.	Лаб.	Практ.	Сам. раб.
1	2	3	4	5	6
<b>1-й семестр</b>					
<b>Модуль 1.</b>					
<b>Змістовий модуль 1.1.</b>					
Тема 1. Вступ. Методи дослідження та синтезу нелінійних та адаптивних систем.	6	2	-	-	4
Тема 2. Математичні визначення та базові поняття. Основи сучасної теорії стійкості. Системи із спостерігачами стану.	6	2	-	-	4
Тема 3. Спостерігачі координат в електромеханічних системах.	7	2	-	-	5
Тема 4. Спостерігач кутової швидкості.	6	2	-	-	4
Тема 5. Адаптивне та робастне керування координатами електродвигунів.. Дослідження динамічних режимів.	6	2	-	-	4
Тема 6. Спостерігачі вектора потокозчеплення ротора.	7	2	-	-	5
Тема 7. Спостерігач електричних змінних асинхронного двигуна повного порядку, який базується на його властивостях пасивності.	7	2	-	-	5
<b>Разом за змістовим модулем 1.1</b>	<b>45</b>	<b>14</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>31</b>

<b>1-й семестр</b>					
<b>Змістовий модуль 1.2.</b>					
Тема 8. Адаптивні спостерігачі вектора потокозчеплення ротора.	6	2	-	-	4
Тема 9. Дослідження динамічних процесів ідентифікації активних опорів статора і ротора методом математичного моделювання.	6	2	-	-	4
Тема 10. Адаптивне та робастне керування координатами електродвигунів з використанням спостерігачів.	6	2	-	-	4
Тема 11. Бездавачеве керування електромеханічними координатами.	6	2	-	-	4
Тема 12. Бездавачевий алгоритм відпрацювання кутової швидкості.	6	2	-	-	4
Тема 13. Специфіка та дослідження динамічних режимів. Алгоритм частотного керування швидкістю асинхронного електродвигуна.	5	2	-	-	3
Тема 14. Компенсація впливу активного опору статора на швидкостях.	5	2	-	-	3
Тема 15. Пряме векторне керування швидкістю та модулем вектора потокозчеплення асинхронного двигуна.	5	2	-	-	3
<b>Разом за модулем 1.2</b>	<b>45</b>	<b>16</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>29</b>
<b>В с ь о г о : за 1 семестр</b>	<b>90</b>	<b>30</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>60</b>

<b>2-й семестр</b>					
<b>Модуль 2.</b>					
<b>Змістовий модуль 2.1</b>					
Тема 16. Поняття про невизначеність. Невизначеність в Matlab.	8	2	-	2	4
Тема 17. Модель реальної фізичної системи. Структура системи з невизначеністю.	8	2	-	2	4
Тема 18. Невизначені параметри, невизначені матриці та невизначені об'єкти. Випадкові об'єкти.	8	2	-	2	4
Тема 19. Види невизначеності. Параметрична невизначеність. $H_{\infty}$ - оптимізація.	9	2	-	2	5
Тема 20. Афінна невизначеність. Дробово - лінійний опис невизначеності.	9	2	-	2	5
Тема 21. Робастна стійкість поліномів та матриць. Принцип включення нуля. Теорема Харитонова. Графічний критерій.	9	2	-	2	5
Тема 22. Робастна стійкість при невизначених передавальних функціях. Критерії робастної стійкості сімейств замкнутих систем.	9	2	-	2	5
<b>Разом за змістовим модулем 2.1</b>	<b>60</b>	<b>14</b>	<b>0</b>	<b>14</b>	<b>32</b>

<b>2-й семестр</b>					
<b>Змістовий модуль 2.2.</b>					
Тема 23. Аддитивні та мультиплікативні відхилення. Способи робастної стабілізації.	8	2	-	2	4
Тема 24. П-регулятор. Стабілізація невизначеного об'єкта скалярним зворотнім зв'язком. D - розбиття.	8	2	-	2	4
Тема 25. Робастний квадратичний стабілізатор та лінійно-квадратичний регулятор. Принцип стабілізації за допомогою робастного квадратичного стабілізатора.	8	2	-	2	4
Тема 26. Принцип роботи робастного лінійного-квадратичного регулятора. Принцип $H_2$ , $H_\infty$ - оптимізація.	8	2	-	2	4
Тема 27. Поняття норми динамічної системи.	7	2	-	2	3
Тема 28 $\mu$ - аналіз та синтез. Принцип $\mu$ - аналізу та синтезу. Особливості $\mu$ - аналізу.	7	2	-	2	3
Тема 29. Особливості матриці $\Delta$ .	7	2	-	2	3
Тема 30. Переваги та недоліки $\mu$ - синтезу.	7	2	-	2	3
<b>Разом за змістовим модулем 2.2</b>	<b>60</b>	<b>16</b>	<b>0</b>	<b>16</b>	<b>28</b>
<b>Разом за модулем 2 (2-й семестр)</b>	<b>120</b>	<b>30</b>	<b>0</b>	<b>30</b>	<b>60</b>
<i>Разом за семестри 1 і 2</i>	<b>210</b>	<b>60</b>	<b>0</b>	<b>30</b>	<b>60</b>
<i>Курсовий проект (2 семестр)</i>	<b>60</b>	-	-	-	<b>60</b>
<b>Всього по дисципліні</b>	<b>270</b>	<b>60</b>	<b>0</b>	<b>30</b>	<b>180</b>

## 5.2 Теми практичних занять

Практичне заняття є формою навчального заняття, яке проводиться в аудиторії та під час якого викладач організує детальний розгляд студентами окремих теоретичних положень навчальної дисципліни та формує вміння і навички їх практичного застосування шляхом індивідуального виконання студентом відповідно сформульованих завдань.

Проведення практичного заняття ґрунтується на попередньо підготовленому методичному матеріалі, набору завдань різної складності для розв'язування їх студентами на занятті. Теми практичних занять наведені в табл. 5.2.

Таблиця 5.2

№ з/п	Найменування тем практичних занять	Обсяг в годинах
1	Поняття про невизначеність. Невизначеність в Matlab.	2
2	Види невизначеності.	2
3	Моделювання реальної фізичної системи.	2
4	Аналіз структур системи з невизначеністю	2
5	Визначення робастна стійкість при невизначених передавальних функціях.	2
6	Рішення невизначених матриць до невизначених об'єктів. Випадкові об'єкти.	2
7	Аналіз робастної стійкості поліномів та матриць.	2
8	Робастна стабілізація за допомогою регуляторів низького порядку.	2
9	Моделювання параметрів П-регулятора.	2
10	Аналіз аддитивних та мультиплікативних відхилень.	2
11	Схема робастного квадратичний стабілізатора	2
12	Схема лінійно-квадратичного регулятора	2
13	Норми передатних функцій. $H_2$ , $H_\infty$ - оптимізація	2
14	Визначення норми динамічної стійкості системи.	2
15	Використання $\mu$ - аналізу та синтезу	2
<b>Разом</b>		<b>30</b>

### 5.3. Самостійна робота

#### Теми самостійного вивчення теоретичного матеріалу

Таблиця 5.3

№ з/п	Назва теми самостійного вивчення	Кількість годин
		Денна форма
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>1-й семестр</b>		
1	Знайомство із програмними пакетами проектування нечітких систем керування для використання в Matlab	2
2	Знайомство із програмним пакетом проектування нечітких систем керування Fazzi Toolbox в Matlab	3
3	Розгляд роботи системи оцінки на основі нечіткого виведення.	3
4	Аналіз роботи системи на основі нечіткого виведення.	3
5	Знайомство із системою Neutral Toolbox	3
6	Можливості використання системи Neutral Toolbox	3
7	Принципи навчання та випробування нейронних мереж в системах керування	3
<b>Всього за модулем 1 (семестр 1)</b>		<b>20</b>
<b>2й семестр</b>		
1	Інструменти для аналізу невідомого об'єкта керування. САУ для нього з нечіткими регуляторами з використанням пакетів Toolbox в Matlab	2,5
2	Інструменти синтезу САУ для нього з нечіткими регуляторами з використанням пакетів Toolbox в Matlab	2,5
<b>Всього за модулем 2 (семестр 2)</b>		<b>5</b>
<b>Разом</b>		<b>25</b>

### 5.4. Розподіл годин самостійної роботи

Таблиця 5.4

№ з/п	Вид роботи	Кількість годин
		Денна форма
<b>1-й семестр</b>		
1	Підготовка до лекцій	15
2	Підготовка до лабораторних робіт	-



№ з/п	Вид роботи	Кількість годин
		Денна форма
3	Підготовка до практичних занять	-
4	Підготовка до поточного модульного контролю 1.1	5
5	Виконання контрольної роботи	-
6	Самостійне вивчення тем, що не входять до лекційного курсу	20
7	Підготовка до поточного модульного контролю 1.2	5
8	Підготовка до екзамену	15
<b>Разом за 1-й семестр</b>		<b>60</b>
<b>2-й семестр</b>		
1	Підготовка до лекцій	15
2	Підготовка до лабораторних робіт	-
3	Підготовка до практичних занять	15
4	Підготовка до поточного модульного контролю 2.1	5
5	Виконання контрольної роботи	-
6	Самостійне вивчення тем, що не входять до лекційного курсу	5
	Підготовка до поточного модульного контролю 2.2	5
7	Підготовка до екзамену	15
<b>Разом за 2-й семестр</b>		<b>60</b>
<b>Всього за 1-й та 2-й семестри</b>		<b>120</b>
<b>Курсовий проект</b>		<b>60</b>
<b>РАЗОМ</b>		<b>180</b>

#### **6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування**

Методами навчання є: лекції, практичні роботи, виконання курсового проекту.

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання є:

- контроль виконання практичних завдань;
- поточні модульні контрольні роботи у формі тестування (тестовий контроль);
- захист курсового проекту;
- екзамени.

## 7. Форми поточного та підсумкового контролю

Досягнення студента оцінюються за 100-бальною системою Університету.

Підсумкова оцінка навчального курсу включає в себе оцінки з поточного контролю і оцінки заключного іспиту.

Питома вага заключного іспиту в загальній системі оцінок – **40 балів**. Право здавати заключний іспит дається студенту, якій з урахуванням максимальних балів проміжних оцінок і заключного іспиту набирає не менше **60 балів**. Підсумкова оцінка навчального курсу є сумою проміжних оцінок і оцінки іспиту.

Поточний контроль проводиться на кожному практичному занятті та за результатами виконання завдань самостійної роботи. Він передбачає оцінювання теоретичної підготовки здобувачів вищої освіти із зазначеної теми (у тому числі, самостійно опрацьованого матеріалу) під час виконання завдань практичних робіт.

Зарахування кредитів навчального курсу можливо тільки після досягнення результатів, запланованих РПНД, що виражається в одній з позитивних оцінок, передбачених чинним законодавством.

### 7.1 Форми контролю результатів навчальної діяльності студентів та їх оцінювання

#### Критерії оцінювання поточного модульного контролю знань у формі тестування

Правильних відповідей, %	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
<b>1-й семестр</b>										
<b>Бал</b>	30	25	20	17	15	12	10	8	6	4
<b>2-й семестр</b>										
<b>Бал</b>	30	25	20	17	15	12	10	8	6	4

#### Критерії оцінювання підсумкового контролю та екзамену

Бал	Критерії оцінювання
40	Студент відповідає на всі теоретичні питання без помилок
30	Студент дає повні відповіді на 70% теоретичних питань, однак після додаткового питання студент дає правильну відповідь на інші питання.
20	Відповідь на 50% питань повна, та дає правильні відповіді на інші питання після уточнюючих питань.
10	Відповідь на 50% питань повна, та дає помилкові відповіді на інші питання після уточнюючих питань
0	Студент дає менше 30% правильних відповідей на теоретичні питання

### Узагальнюючі результати поточного контролю знань

Форма контролю	Максимальна кількість балів
	Денна форма
<b>1-й семестр</b>	
Поточний модульний контроль	МКР№1.1×30 балів = 30 балів
	МКР№1.2×30 балів = 30 балів
<b>Всього</b>	<b>60</b>
<b>2-й семестр</b>	
Поточний модульний контроль	МКР№2.1×30 балів = 30 балів
	МКР№2.2×30 балів = 30 балів
<b>Всього</b>	<b>60</b>

### 8. Критерії оцінювання результатів навчання

Змістовий модуль	Тема	Денна форма	
		Вид роботи	Бали
1	2	3	4
<b>Семестр 1</b>			
	T1-T7	Поточний модульний контроль	30
	T9-T15	Поточний модульний контроль	30
Підсумковий контроль		Екзамен	40
<b>Сума</b>			<b>100</b>
<b>Семестр 2</b>			
	T16-T22	Поточний модульний контроль	30
	T23-T30	Поточний модульний контроль	30
Підсумковий контроль		Екзамен	40
<b>Сума</b>			<b>100</b>

### Розподіл балів за виконання курсового проекту

Пояснювальна записка	Ілюстративна частина	Захист роботи	Сума
до 40 балів	до 20 балів	до 40 балів	до 100 балів

### Критерії оцінювання курсового проекту

Параметри оцінювання	Кількість балів	Критерії оцінювання за бальною шкалою
1	2	3
Пояснювальна записка	40	Зміст роботи відповідає обраній темі; наявність чітко сформульованої проблеми; адекватність формулювання об'єкта, предмета, мети та задач дослідження; визначення ступеню розробленості проблеми дослідження; наявність посилань на використану літературу та відповідність оформлення роботи стандарту; адекватність обраних методів предмету дослідження, грамотне використання методів (процедура, обробка, інтерпретація результатів); використання методів математичної статистики; відповідність висновків меті та завданням дослідження. Робота виконувалась систематично та вчасно подана на перевірку науковому керівнику у відповідності із планом виконання курсової роботи.
	35	Зміст роботи відповідає обраній темі; наявність чітко сформульованої проблеми; адекватність формулювання об'єкта, предмета, мети та задач дослідження; визначення ступеню розробленості проблеми дослідження; наявність посилань на використану літературу та відповідність оформлення роботи стандарту; адекватність обраних методів предмету дослідження, грамотне використання методів (процедура, обробка, інтерпретація результатів); використання методів математичної статистики; відповідність висновків меті та завданням дослідження. Робота виконувалась не систематично та подана на перевірку науковому керівнику з порушенням плану виконання курсової роботи.
	30	Зміст роботи відповідає обраній темі; але має поверхневий аналіз, матеріал викладено непослідовно та необґрунтовано. Робота виконувалась не систематично та подана на перевірку науковому керівнику з порушенням плану виконання курсової роботи.
	20	Робота оформлена за вимогами, які пред'являються до курсових робіт, але має недостатньо критичний аналіз, матеріал викладено непослідовно та необґрунтовано. Основні тези роботи розкриті, але недостатньо обґрунтовані, нечітко сформульовано висновки, пропозиції і рекомендації.

1	2	3
Пояснювальна записка	15	Студент відтворює значну частину теоретичного матеріалу, виявляє знання і розуміння основних положень і лише за допомогою викладача може виправляти помилки, серед яких є значна кількість суттєвих.
	5	Робота не носить дослідницького характеру, не має аналізу і не відповідає вимогам, які пред'являються до курсових робіт. У роботі немає висновків або вони носять декларативний характер.
Ілюстративна частина	20	Презентація гарно організована, доповідь супроводжується ілюстративними матеріалами, матеріали ілюстрації підготовлені відповідно до вимог що висуваються.
	15	Презентація гарно організована, доповідь супроводжується ілюстративними матеріалами, на які не завжди дано посилання у доповіді або ілюстративні матеріали оформлені з незначними зауваженнями.
	10	Ілюстративні матеріали низької якості, в організації презентації спостерігається невпевненість.
	5	Ілюстративні матеріали низької якості, в доповіді немає посилань на ілюстративні матеріали
Захист роботи	40	Доповідь логічно побудована, студент чітко та стисло викладає основні результати дослідження, показує глибокі знання з питань теми, оперує даними дослідження, вносить пропозиції по темі дослідження, під час доповіді вміло використовує презентацію, впевнено і докладно відповідає на поставлені запитання.
	35	Студент спроможний чітко та стисло викласти основні результати дослідження, дає правильні відповіді на всі запитання, але не завжди упевнений в аргументації, чи не завжди коректно її формулює.
	30	Студент спроможний чітко та стисло викласти основні результати дослідження, належно обґрунтовує положення роботи, але допускає неточності у відповідях на запитання.
	25	Студент спроможний чітко та стисло викласти основні результати дослідження але допускає суттєві неточності у відповідях на запитання, не завжди належно обґрунтовує положення роботи.
	20	Студент не впорядковано викладає основні результати дослідження, намагається дати відповідь на поставлені запитання і робить спроби аргументувати положення роботи.

1	2	3
	15	Студент неупорядковано викладає основні результати дослідження робить спроби аргументувати положення роботи, надає неповні, поверхові, необґрунтовані відповіді на поставлені питання.
Захист роботи	10	Студент демонструє задовільні знання з теми дослідження, але не може впевнено й чітко відповісти на додаткові запитання членів комісії, та належно обґрунтувати положення роботи.
	5	Студент неупорядковано викладає основні результати дослідження, не спроможний дати відповідь на запитання, відстоювати свою позицію.

### 9. Засоби навчання

Технічні засоби навчання: мультимедійний проектор, персональні комп'ютери з підключенням до мережі Інтернет.

При проведенні занять за дистанційною формою навчання (у період карантину) використовуються дистанційні платформи й інформаційно-комунікаційні технології (Moodle, Google Classroom, Ding Talk, ZOOM, Cloud Meetings, Skype, Viber, Web Chat, Telegram, соціальні мережі тощо).

## 10. Рекомендована література

### Базова

1. Леоненков А. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyNECH [Текст] / Леоненков А. С-Пб., БВХ – Перербург, 2005.
2. Гостев В.И. Синтез нечетких регуляторов систем автоматического управления [Текст] / Гостев В.И. – К.: «Радиоаматор», 2003. – 512 с.
3. Черных И. В. SIMULINK: Среда создания инженерных приложений [Текст] / Черных И. В. / Под общ. ред. В. Г. Потемкина. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2003. – 496 с.
4. Круглов В.В. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети [Электронный ресурс] / Круглов В.В. Круглов В.В., Дли М.И., Голунов Р.Ю. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001. – 221 с.
5. Нейронні мережі в системах автоматизації [Текст] / Архангельський В.І., Богаєнко І.М., Габровський Г.Г., Рюмшин М.О. – К.: Техніка, 2004. – 364 с.
6. Александров В.Л. Интеллектуальные системы в морских исследованиях и технологиях [Текст] / Александров В.Л., Матлах А.П., Нечаев Ю.И., Поляков В.И., Ростовцев Д.М. / Под ред. Ю.И. Нечаева. – СПб.: ГМТУ, 2001. – 395 с.
7. [Макаров И. М.](#) Искусственный интеллект и интеллектуальные системы управления [Электронный ресурс] / [Макаров И. М.](#), [Лохин В. М.](#), [Манько С. В.](#), [Романов М. П.](#). Научное издание. – М. "Наука", 2006. – 333 с.

### Допоміжна

8. Субботін С.О. Неітеративні, еволюційні та мультиагентні методи синтезу нечіткологічних і нейромережних моделей [Електронний ресурс] / Субботін С.О., Олійник А.О., Олійник О.О.: Монографія / Під заг. ред. С.О. Субботіна. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2009. – 375 с.
9. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы [Текст] / Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. = Sieci neuronowe, algorytmy genetyczne i systemy rozmyte. – 2-е изд. – М: Горячая линия-Телеком, 2008. – 452 с.
10. Интеллектуальные системы управления организационно-техническими системами / Под ред. профессора А.А. Большакова. – М.: Горячая линия-телеком, 2006. – 160 с.
11. Вашедченко А.Н. Автоматизированное проектирование судов [Электронный ресурс] / Вашедченко А.Н.. Л.: Судостроение, 2001. – 164 с.
12. Методы робастного, нейро-нечеткого и адаптивного управления. Учебник / Под ред. Н.Д Егупова: издание 2-е, стереотипное. – М.: Изд-во "[МГТУ им. Н.Э. Баумана](#)", 2002. – 744 с.

13. Гостев В.И. Нечеткие регуляторы в системах автоматического управления [Электронный ресурс] / Гостев В.И. – К.: "Радиоаматор", 2008. – 972 с.
14. Зайченко Ю.П. Основы проектування інтелектуальних систем [Текст] / Зайченко Ю.П. Навчальний посібник. – К.: Видавничий дім „Слово», 2004. – 352 с.

**Додаток**



## ПИТАННЯ ДЛЯ ПОТОЧНОГО ТА ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ

### Контрольні питання до 1-го модуля

1. Стохастична невизначеність.
2. Лінгвістична невизначеність.
3. Нечітка логіка в порівнянні з теорією ймовірностей.
4. Визначення нечеткої множини.
5. Основні характеристики нечітких множин.
6. Основні типи функцій приналежності.
7. Методи побудови функцій приналежності нечітких множин.
8. Операції над нечіткими множинами.
9. Нечітке відношення та його завдання.
10. Операції над нечіткими відношеннями.
11. Визначення нечіткої та лінгвістичної змінних.
12. Поняття нечіткого висловлення та нечіткого предиката
13. Основні логічні операції з нечіткими висловленнями.
14. Правила нечітких продукцій
15. Базова архітектура систем нечіткого висновку.
16. Основні етапи нечіткого висновку. Формування бази правил систем нечіткого висновку
17. Основні етапи нечіткого висновку. Фаззифікація (Fuzzification).
18. Основні етапи нечіткого висновку. Агрегування (Aggregation).
19. Основні етапи нечіткого висновку. Активізація (Activation).
20. Основні етапи нечіткого висновку. Акумуляція (Accumulation).
21. Основні етапи нечіткого висновку. Дефаззифікація (Defuzzification).
22. Основні алгоритми нечіткого висновку. Алгоритм Мамдані (Mamdani).
23. Як визначається константа Ліпшиця?
24. Надайте фізичну трактовку поняттю стійкість за Ляпуновим.
25. Що таке область притягування?
26. Умови асимптотичної стійкості.
27. Умови експоненційної стійкості.
28. Як співвідносяться асимптотична стійкість та експоненційна стійкість для лінійних систем?
29. Сформулюйте умови теореми Ляпунова про стійкість.
30. Сформулюйте умови теореми Ляпунова про експоненційну стійкість.
31. Запишіть рівняння Ляпунова. Що воно визначає?
32. Які умови для стійкості нелінійної системи у вигляді  $\dot{x}=f(t,x)$ ?
33. Що необхідно для стійкості лінійної неавтономної системи  $\dot{x}=A(t)x$ ?

34. Які постановки задачі синтезу ви знаєте?
35. Надайте трактовку поняттю оптимально стабілізуюче керування.
36. Що таке стабілізуюче керування?
37. Чим відрізняються асимптотична та експоненціальна стійкості?
38. Що таке оптимальне керування?
39. Надайте фізичну трактовку керуванню, лінеаризуючому зворотнім зв'язком.
40. Які нелінійності в моделі двигуна постійного струму необхідно компенсувати за рахунок с лінеаризуючого зворотнім зв'язком керування ?
41. Як задати показники якості керування для лінійної системи третього порядку?

### **Контрольні питання до 2-го модуля**

42. Основні алгоритми нечіткого висновку. Алгоритм Цукамото (Tsukamoto).
43. Основні алгоритми нечіткого висновку. Алгоритм Ларсена (Larsen).
44. Основні алгоритми нечеткого висновку. Алгоритм Сугено (Sugeno).
45. Спрощений алгоритм нечіткого висновку.
46. Нечіткі мережі Петрі.
47. Нечітка кластеризація.
48. Біологічний нейрон і його модель (штучний нейрон). Структура та властивості.
49. Поняття нейронної мережі та основні способи її завдання.
50. Класифікація нейронних мереж та їхні властивості.
51. Навчання нейронних мереж. Алгоритм зворотного поширення.
53. Застосування нейронних мереж. Кластеризація.
54. Застосування нейронних мереж. Прогнозування
55. Застосування нейронних мереж. Розпізнавання
56. Ефективність нейронних мереж.
57. Гібридна нейронна мережа. Основні поняття й визначення.
58. Гібридна нейронна мережа. Алгоритми навчання.
59. Поясніть поняття невизначеність. Наведіть приклад.
60. Назвіть основні елементи невизначеності в Matlab.
61. Що таке невизначений параметр, номінальне значення параметра?
62. Які способи завдання невизначеного параметра в Matlab вам відомі?
63. Що таке невизначена матриця? Які способи завдання невизначених матриць в Matlab вам відомі? Наведіть приклад.
64. Що таке невизначений об'єкт. Які способи завдання невизначених об'єктів в Matlab вам відомі? Наведіть приклад

65. Поясніть поняття параметричної невизначеності. Наведіть приклад.
66. Поясніть поняття афінної невизначеності.
67. Що таке дробово-лінійний опис невизначеності?
68. Поясніть принцип дробово-лінійного опису невизначеності на прикладі.
69. Що таке нестационарні та нелінійні збурення?
70. Поясніть принцип виключення нуля.
71. Поясніть принцип теореми Харитонова.
72. Поясніть принцип графічних критеріїв.
73. Поясніть принцип визначення стійкості за допомогою загальної функції Ляпунова.
74. Поясніть поняття сімейство скалярних передавальних функцій при невизначеності.
75. Поясніть принцип робастної модифікації критерію Найквіста.
76. Поясніть принцип робастних критеріїв стійкості для адитивного чи мультиплікативного відхилення.
77. Поясніть принцип стабілізації за допомогою скалярного коефіцієнта підсилення  $k$  в колі зворотного зв'язку. Наведіть недоліки та переваги.
78. Поясніть принцип стабілізації методом  $D$  - розбиттям площини параметрів. Наведіть недоліки та переваги.
79. Поясніть принцип стабілізації за допомогою робастного квадратичного стабілізатора
80. Поясніть принцип роботи робастного лінійного-квадратичного регулятора.
81. Поясніть поняття норма динамічної системи.
82. Поясніть принцип  $H_2, H_\infty$  - оптимізації.
83. У чому полягає принцип  $\mu$  - аналізу
84. Поясніть принцип  $\mu$  - синтезу.
85. Які особливості  $\mu$  - аналізу ви можете назвати.
86. Які особливості має матриця  $\Delta$ .
87. Наведіть переваги та недоліки  $\mu$  - синтезу.