



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет водного господарства та  
природокористування  
Навчально-науковий інститут, автоматики, кібернетики та  
обчислювальної техніки  
Кафедра автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-  
інтегрованих технологій

### **ЗАТВЕРДЖУЮ**

Проректор з науково-педагогічної,  
методичної та виховної роботи

О.А.Лагоднюк

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2018р.



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

04-03-46

### **РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ PROGRAM OF THE DISCIPLINE**

**«Окремі питання теорії автоматичного управління»**

**Separate questions of the theory of the automatic  
management**

спеціальність

151 „Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані  
технології”

specialty

Automation and computer integrated technologies

Рівне – 2018



Робоча програма курсу “Окремі питання теорії автоматичного управління” для студентів спеціальності 151 „Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології” Рівне: НУВГП, 2018.– 15 с.

Розробник: М. І. Клепач, к.ф.-м.н, доцент кафедри автоматизації, електротехнічних та комп’ютерно-інтегрованих технологій.

Затверджено на засіданні кафедри автоматизації, електротехнічних та комп’ютерно-інтегрованих технологій

Протокол № 9 від 17 січня 2018 р.

Зав. кафедри \_\_\_\_\_ В.В. Древецький

Рекомендовано науково-методичною комісією за спеціальністю „Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”

Протокол № 5 від 17 січня 2018 р.

Голова методичної комісії \_\_\_\_\_ В.В. Древецький

© Клепач М. І.,  
© НУВГП, 2018



## **ВСТУП**

Робоча програма дисципліни “Окремі питання теорії автоматичного управління” відноситься до циклу професійної фахової підготовки та складена відповідно до освітньої програми спеціальності „Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”.

Предметом вивчення дисципліни “Окремі питання теорії автоматичного управління” є сучасні методи синтезу систем управління промисловими об’єктами. Отримані в результаті теоретичні знання та практичні навички використовуються при виконанні магістерської роботи та дають змогу фахівцям у галузі автоматизації та приладобудування ефективно вирішувати професійні завдання різної складності.

Вивчення даної дисципліни опирається на знання отримані із попередніх курсів: “Теорія автоматичного управління”, “Автоматизація і оптимальне керування технологічними процесами”, “Інтелектуальні системи управління”, “Проектування компютерно-інтегрованих систем управління”

Вимоги до знань та умінь визначаються галузевими стандартами вищої освіти України.

## **Анотація**

Разом із успіхами інтелектуальних методів управління основне навантаження по керуванню промисловими об’єктами несуть автоматичні системи регулювання з різними модифікаціями неперервних і цифрових ПД- алгоритмів. Використання вдосконалених методів параметричного і структурного синтезу контурів автоматичного регулювання забезпечує створення технічно досконалих і економічно ефективних систем.



Широкий розвиток для задач синтезу автоматичних систем отримав і метод модального управління. Синтез систем методом модального управління забезпечує досягнення поставлених вимог до динамічних показників якості і необхідної точності проектованої системи.

При проектуванні, аналізі і синтезі систем управління є актуальним використання сучасних інформаційних технологій і спеціалізованих пакетів прикладних програм.

**Ключові слова:** ПІД регулятор, оптимізація, модальний регулятор, перехідний процес, регулювання координат, динамічні показники

### Abstract

Along with the successes of intellectual control methods, the main load on industrial objects managing is carried out by automated control systems with various modifications of continuous and digital PID algorithms. The use of advanced methods of parametric and structural synthesis of automatic control circuits provides the creation of technically advanced and cost-effective systems. A widespread development for the problems of the synthesis of automatic systems was obtained by the method of modal control. Synthesis of systems by the method of modal control provides achievement of the set requirements to dynamic indicators of quality and necessary accuracy of the projected system.

During designing, analyzing and synthesizing control systems it is relevant to use modern information technologies and specialized software packages.

**Keywords:** PID controller, optimum tuning, modal regulator, coordinate control, dynamic performance.



## 1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Таблиця 1

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, спеціалізація, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів, відповідних ECTS: 3	Галузь знань 15 Автоматизація та приладобудування"	Обов'язкова нормативна	
Модулів: 2		Рік підготовки:	
Змістових модулів: 4	Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології	6	7
Загальна кількість годин: 90		Семестр:	
Тижневих годин: 2 години – лекція 2 години – практична робота 4 години – самостійна робота студентів	Рівень вищої освіти: магістерський	11	14
		Лекції:	
		20 год.	4 год.
		Практичні:	
		10 год.	6 год.
		Лабораторні:	
		-	-
		Самостійна робота:	
		60 год.	80 год.
		ІНДЗ:	
		Вид контролю: 11 семестр – залік;	Вид контролю: 14 семестр – залік;

Співвідношення кількості аудиторних годин до самостійної та індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 30 % до 70 %;

для заочної форми навчання – 11 % до 89 %.



## 2. МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**Мета** дисципліни – навчання магістрантів сучасним методам і підходам до синтезу, моделювання і реалізації алгоритмів систем автоматичного управління для різних умов використання.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми магістранти повинні:

**знати:** сучасні методи рішення проблем синтезу систем управління різної структури, основні способи представлення функціональних і динамічно-імітаційних моделей та їх алгоритмізації.

**вміти:** визначати оптимальні шляхи і раціональні засоби ефективного вирішення завдань управління, розробляти алгоритмічне забезпечення для систем управління різних типів і класів;

**мати навички:** вибору класу і структури системи; створення і реалізації ефективних алгоритмів управління; дослідження систем шляхом моделювання.



### **3. Програма навчальної дисципліни**

## **МОДУЛЬ I. Дискретні методи синтезу систем автоматичного регулювання з типовими регуляторами** **Змістовий модуль 1. Методи синтезу систем з PID-регуляторами**

**Тема 1. Цифрові алгоритми PID-регуляторів.** Позиційні алгоритми регулювання при різних методах інтегрування. Рекурентні алгоритми при різних методах інтегрування. Реальні і ідеалізовані алгоритми.

**Тема 2. Метод розширених частотних характеристик.** Кореневий (степеневий) показник коливальності. Розширені частотні характеристики. Застосування методу розширених частотних характеристик до визначення оптимальних параметрів регуляторів.

**Тема 3. Метод багатокритеріальної параметричної оптимізації.** Теоретичні основи методу. Алгоритми розрахунку систем з типовими регуляторами. Алгоритми розрахунку систем з цифровими регуляторами.

## **Змістовий модуль 3. Застосування методу багатокритеріального синтезу до систем з різними структурами**

**Тема 4. Синтез безперервних систем на основі PID-алгоритмів.** Застосування методу багатокритеріальної параметричної оптимізації до безперервних систем різної структури. Програмна реалізація методу.

**Тема 5. Синтез систем на основі цифрових PID-алгоритмів.**

Особливості застосування методу багатокритеріальної параметричної оптимізації до цифрових систем. Синтез цифрових систем при одночасному визначенні періоду дискретизації.



## **МОДУЛЬ II. Синтез систем методом модального управління**

### **Змістовий модуль 3. Метод модального управління**

**Тема 6. Базові концепції методу модального управління.** Рівняння руху лінійного об'єкта управління у просторі станів. Керованість і спотережуваність об'єкта управління. Матриці лінійних стаціонарних зворотних зв'язків. Рівняння еталонної моделі у просторі станів для режимів стабілізації і програмного управління. Стандартні поліноми. Принцип подібності.

**Тема 7. Знаходження управління на основі стандартних поліномів Ньютона и Баттерворта.** Визначення характеристичного полінома. Опис об'єкта в канонічній керованій формі. Знаходження матриці перетворень і матриці лінійних стаціонарних зворотних зв'язків.

**Тема 8. Спосіб знаходження управляючих дій на основі рівнянь Сільвестра.** Формування еталонної моделі. Розв'язок матрично-алгебраїчного рівняння типу Сільвестра. Знаходження матриці лінійних стаціонарних зворотних зв'язків. Перехід до вихідного заданого базису.

### **Змістовий модуль 4. Підвищення точності модальних систем управління**

**Тема 9. Синтез астатичного модального регулятора.** Основні положення методу астатичного модального управління. Алгоритм синтезу астатичного модального регулятора.

**Тема 10. Метод вбудованої моделі.** Основні положення методу. Послідовність синтезу управляючих дій методом вбудованої моделі.





## 4. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Таблиця 2

Тема	Кількість годин, відведених на:									
	Денна форма					Заочна форма				
	Лекції	Практичн і заняття	Самостій ну роботу	ІНДЗ	Всього	Лекції	Практичн і заняття	Самостій ну роботу	ІНДЗ	Всього
МОДУЛЬ I. Дискретні методи синтезу систем автоматичного регулювання з типовими регуляторами										
Змістовий модуль 1. Методи синтезу систем з PID-регуляторами										
Тема 1	2	1	6		3	0.4	0.6	8		1
Тема 2	2	1	6		3	0.4	0.6	8		1
Тема 3	2	1	6		3	0.4	0.6	8		1
Змістовий модуль 2. Застосування методу багатокритеріального синтезу до систем з різними структурами										
Тема 4	2	1			3	0.4	0.6	8		1
Тема 5	2	1			3	0.4	0.6	8		1
МОДУЛЬ II. Синтез систем методом модального управління										
Змістовий модуль 3. Метод модального управління										
Тема 6	2	1	6		3	0.4	0.6	8		1
Тема 7	2	1	6		3	0.4	0.6	8		1
Тема 8	2	1	6		3	0.4	0.6	8		1
Змістовий модуль 4. Підвищення точності модальних систем управління										
Тема 9	2	1	6		3	0.4	0.6	8		1
Тема 10	2	1	6		34	0.4	0.6	8		1
Всього	20	10	60		30	4	6	80		10



## 5. ТЕМИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Таблиця 4

№ з/п	Мод.	Тема	Кількість годин	
			Денна ф.	Заочна ф.
1	I	Формування багатокритеріальних показників якості регулювання	2	1.2
2	I	Приклад синтезу системи за багатокритеріальними показниками якості регулювання	2	1.2
3	II	Приклади формування еталонних моделей АСУ.	2	1.2
4	II	Приклад синтезу системи методом модального управління на основі стандартних поліномів.	2	1.2
5	II	Приклад синтезу системи модального управління на основі рівнянь Сільвестра.	2	1.2
Всього			10	6



## 6. САМОСТІЙНА РОБОТА

Таблиця 5

№ з/п	Мод.	Тема	Кількість годин	
			Денна ф.	Заочна ф.
1	I	Цифрові фільтри низької частоти	6	8
2	I	Цифрові фільтри високої частоти	6	8
3	II	Синтез робасних систем. Постановка завдання синтезу. Методи синтезу.	6	8
4	I	Автоматичні системи регулювання з імпульсною і широтно-імпульсною модуляцією	6	8
5	II	Синтез і аналіз неперервних та цифрових систем з послідовно-паралельною корекцією	6	8
6	II	Синтез регуляторів з прямими зв'язками	6	8
7	III	Синтез астатичних модальних регуляторів.	6	8
8	III	Синтез систем із спостерігачами стану	6	8
9	IV	Синтез модальних систем управління в середовищі Simulink	6	8
10	IV	Автоматизований параметричний синтез систем різної структури засобами MATLAB	6	8
<b>Всього</b>			<b>60</b>	<b>80</b>



## 7. МЕТОДИ НАВЧАННЯ

При викладанні навчальної дисципліни використовуються інформаційно-ілюстративний та проблемний методи навчання.

Лекції проводяться із використанням технічних засобів навчання і супроводжуються демонстрацією за допомогою цифрового проектора лекційного матеріалу (рисуноків, схем, таблиць тощо).

Практичні заняття проводяться з метою закріплення знань, отриманих на лекціях, шляхом розв'язування задач та закріплення теоретичних навиків.

## 8. Форми і методи контролю

3. Контроль за засвоєнням знань на практичних заняттях забезпечується перевіркою виконання домашніх завдань, активністю на заняттях.

4. Оцінка модульних контрольних робіт.

6. Підсумковий контроль проводиться у вигляді заліку.

## 9. РОЗПОДІЛ БАЛІВ, ЩО ВИСТАВЛЯЮТЬСЯ СТУДЕНТАМ

Введена європейська кредитно-трансферна система організації навчального процесу зі 100-бальною шкалою оцінювання знань студентів.

### 7-ий семестр

Сума балів = 100.

➤ 100 – поточна робота;

#### Розподіл балів:

а) відвідування лекцій: 20 балів

2 бали за лекцію;

б) модульні контрольні роботи: 40 балів

1-й модуль 20 балів,

2-й модуль 20 балів;

в) практичні заняття : 40 балів

кожне практичне заняття оцінюються по 8 балів:



водного господарства та природокористування

➤ 2 бали – контроль підготовки до заняття, знання теоретичного матеріалу (тестування);

➤ 3 бали – домашнє завдання;

➤ 3 бали – робота на занятті;

За участь у науково-дослідній роботі –10 заохочувальних балів, які додаються до загальної суми, якщо вона менша 100.

Таблиця оцінювання за темами

Поточний контроль, практичні заняття, відвідування лекцій										Сума
Модуль I					Модуль II					100
ЗМ1			ЗМ2		ЗМ3			ЗМ4		
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
30			20		30			20		

Шкала оцінювання студентів заочної форми навчання

Модуль I	Модуль II	Усього
0-50	0-50	0-100

Шкали оцінювання (100-бальна та національна)

(залік)

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Результат оцінювання (національна шкала)
90 – 100	зараховано
82 – 89	
74 – 81	
60 – 73	
60 – 63	
35 – 59	незараховано з можливістю
0 – 34	незараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни



## 10. МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

1. Методичні вказівки до виконання практичних занять та ІНДЗ розміщені в університетській комп'ютерній мережі за адресою: aud-633\\akit\stud\_doc\4-k\Окр\_пит\_ТАУ\

## 11. Рекомендована література

### Базова

1. Комп'ютеризовані системи керування. Монографія. / Ковела. І.М., Древецький В.В., Ковела С.І. – Рівне: Овід, 2017. –672с.
2. Попович М.Г.,Ковальчук О .В . Теорія явтоматичного керування: Підручник. – 2-ге вид. – К.:Либідь,2007. –656с.
3. В.В. Григорьев, Н.В. Журавлёва, Г.В. Лукьянова, К.А. Сергеев. Синтез систем автоматического управления методом модального управления. – С -Пб: СПбГУ ИТМО, 2007. – 108 с.
4. Бесекерский В. А., Попов Е. П. Теория систем автоматического регулирования - Спб.: Профессия, 2003 – 752 с.
5. Дорф Р. Современные системы управления / Р. Дорф, Р. Бишоп – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2002. – 832с., ISBN 5-93208-119-8
6. Методы робастного, нейро-нечеткого и адаптивного управления: Учебник /Под ред. Н.Д. Егупова, издание 2-ое, стереотипное. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002.- 744с.

### Допоміжна

7. Клепач М.І. Теорія автоматичного керування. Навчальний посібник. Рівне НУВГП, 2007. –206 с.



8. Е.В. Никульчев Пособие. Control System Toobox  
<http://matlab.exponenta.ru/controlsysteem/book1/index.php>
9. Зайченко Ю. П. Основи проектування інтелектуальних систем : навч.посіб. / Київ: Слово, 2004, 352с.
10. Б.О.Баховець. Автоматизований електропривод. Навчальний посібник. Рівне НУВГП, 2009. –96 с.

### Інформаційні ресурси

2. 1.Рівненська обласна універсальна наукова бібліотека (м. Рівне, майдан Короленка, 6) / [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.lib.rv.ua/>
3. 2.Наукова бібліотека НУВГП (м. Рівне, вул. Олекси Новака, 75) / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://nuwm.edu.ua/naukova-biblioteka>  
[http://nuwm.edu.ua/MySQL/page\\_lib.php](http://nuwm.edu.ua/MySQL/page_lib.php)
4. Офіційний сайт фірми Mathworks / [Електронний ресурс].– Режим доступу :  
<http://www.mathworks.com/help/control/ref/pid.html>