

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

**Факультет біотехнології і біотехніки**

Інститут / факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан ФБТ

(назва інституту/факультету)

\_\_\_\_\_

(підпис)

О.М. Дуган

(ініціали, прізвище)

«24» червня 2016 р.

**ТЕОРІЯ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ**

(назва навчальної дисципліни)

**ПРОГРАМА**

**навчальної дисципліни**

підготовки

бакалавр

(назва освітньо-кваліфікаційного рівня)

галузі знань

13 – Механічна інженерія

(шифр і назва)

Спеціальності

133 – Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

Спеціалізації Обладнання фармацевтичних та біотехнологічних виробництв

(шифр за ОПП б/с)

Ухвалено методичною комісією

ФБТ

(назва інституту/факультету)

Протокол від 24.06.2016р. № 10

Голова методичної комісії

Галкін О.Ю.

\_\_\_\_\_

(підпис)

(ініціали, прізвище)

«24» червня 2016 р.

Київ – 2016

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

Зав. каф. біотехніки та інженерії, д.т.н., проф.  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Мельник Вікторія Миколаївна

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Програму затверджено на засіданні кафедри біотехніки та інженерії  
(повна назва кафедри)

Протокол від «08» червня 2016 року № 13

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_  
(підпис) В.М. Мельник  
(ініціали, прізвище)

«30» червня 2016 р.

## Вступ

Програму навчальної дисципліни

Теорія автоматичного керування

складено відповідно до освітньо-професійної програми першого (бакалаврський) рівня вищої освіти ступінь

**бакалавр**  
(назва ОКР)

Галузі знань \_\_\_\_\_ 13 – Механічна інженерія \_\_\_\_\_

Спеціальність \_\_\_\_\_ 133 Галузеве машинобудування \_\_\_\_\_

Спеціалізації Обладнання фармацевтичних та біотехнологічних виробництв

Навчальна дисципліна належить до циклу **професійної підготовки**

Дисципліна ґрунтується на знаннях, одержаних студентами при вивченні навчальних дисциплін: математики, інженерної та комп'ютерної графіки, теоретичної механіки, фізики, інформатики, теоретичні основи теплотехніки, електротехніка.

### 1. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів **компетентності**:

Код	Компетентності	Зміст підготовки
Виробничо-технологічна діяльність		
ПК-8с	Забезпечувати технічне оснащення робочих місць із розміщенням технологічного обладнання	<b>Знання</b> особливостей технологічних процесів в фармацевтичній та біотехнологічній промисловості і експлуатації обладнання <b>Уміння</b> будувати єдині технологічні лінії виробництва фармацевтичних препаратів.
Організаційно-управлінська діяльність		
ПК-18с	Проводити аналіз і оцінку виробничих і невиробничих витрат на забезпечення необхідної якості продукції, аналізувати результати діяльності виробничих підрозділів	<b>ЗНАННЯ</b> - фундаментальні принципи побудови систем керування, їх класифікацію за основними ознаками, особливості розімкнених та замкнених систем, роль зворотнього зв'язку; - методика математичного опису автоматичних систем. <b>УМІННЯ</b> - здійснювати вибір схем апаратів, машин, установок для реалізації задач технологічного процесу

### 2. Структура навчальної дисципліни

На вивчення навчальної дисципліни відводиться 180 годин/6 кредитів ECTS.

Навчальна дисципліна містить кредитні модулі:

- 1) ТЕОРІЯ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ
- 2) КУРСОВА РОБОТА.

## Рекомендований розподіл навчального часу

Форма навчання	Кредитні модулі	Всього		Розподіл навчального часу за видами занять				Семестрова атестація
		кредитів	годин	Лекції	Практичні (семінарські) заняття	Лабораторні роботи (комп'ютерні практикуми)	СРС	
Денна	<i>Всього</i>	6	180	36	18	18	108	
	1	5	150	36	18	18	78	<i>екзамен</i>
	2	1	30				30	<i>КР</i>

### 3. Зміст навчальної дисципліни

#### РОЗДІЛ 1. ОСОБЛИВОСТІ АНАЛІЗУ БАГАТОВИМІРНИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

##### Тема 1.1. Математичні моделі багатовимірних систем керування.

Основні поняття ТАК. Принципи керування та класифікація САК. Режими роботи САК. Вимоги до САК. Принципи керування. Керування за збуренням. Керування за відхиленням. Комбінований принцип керування.

##### Тема 1.2. Особливості аналізу багатовимірних САК.

Математичні моделі САК у змінних стану. Методи побудови схем САК у змінних стану: пряме програмування, паралельне програмування, послідовне програмування. Аналіз стійкості неперервних систем за рівняннями у змінних стану. Визначення керованості та спостережуваності лінійних САК

#### РОЗДІЛ 2. ОСНОВИ АНАЛІЗУ ДИСКРЕТНИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

##### Тема 2.1. Математичні моделі дискретних САК.

Види модуляції. Дискретні системи з амплітудно-імпульсною модуляцією. Квантування сигналів за часом. Формуючий фільтр. Особливості квантування сигналів за рівнем. Решітчасті функції. Аналоги похідної решітчастих функцій. Складання решітчастих функцій та аналоги первісної функції. Різницеві рівняння. Чисельний розв'язок різницевого рівняння з постійними коефіцієнтами.

Дискретне перетворення Лапласа ( $z$ -перетворення). Основні властивості  $z$ -перетворення. Зв'язок між неперервним та дискретним перетворенням Лапласа. Передатні функції дискретних систем керування. Перетворення передатних функцій неперервних систем керування на дискретні передатні функції.

##### Тема 2.2. Стійкість та якість дискретних систем керування.

Особливості дослідження стійкості дискретних САК. Необхідна та достатня умови стійкості дискретних систем. Алгебраїчний критерій Шур-Кона. Використання білінійного перетворення – можливість використання критеріїв стійкості неперервних систем керування для дослідження стійкості дискретних САК. Критерій стійкості Найквіста для дискретних систем.

Частотні характеристики дискретних САК. Запаси стійкості дискретних САК за модулем та фазою. Побудова перехідних процесів дискретних САК. Усталені похибки цифрових САК.

##### Тема 2.3. Особливості дослідження аналого-цифрових систем керування.

Поняття про аналого-цифрову систему. Узагальнена структура аналого-цифрової системи та основні елементи цифрового керуючого пристрою (ЦКП) – АЦП, ЦАП та екстраполятор. Похибки реалізації бажаної частотної передатної функції ЦКП. Методи знаходження передатної функції ЦКП. Синтез систем керування з ЦОМ. ЛАХ систем керування з ЦОМ в області низьких та високих частот. Вибір періоду дискретизації, виходячи із показників якості системи.

## РОЗДІЛ 3. НЕЛІНІЙНІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

### Тема 3.1. Стійкість нелінійних систем керування.

Загальні поняття. Нелінійні статичні характеристики ланок. Класифікація. Типові види нелінійних ланок. Дві основні задачі теорії нелінійних систем. Основні особливості нелінійних систем у порівнянні з лінійними. Визначення поняття стійкості систем за Ляпуновим. Фазові траєкторії. Види стійкості нелінійних систем.

### Тема 3.2. Аналіз нелінійних систем керування на фазовій площині.

Фазовий простір. Абсолютна стійкість стану рівноваги нелінійних систем. Метод В.М.Попова. Геометрична інтерпретація теореми В.М.Попова. Фазові траєкторії нелінійних САК. Фазовий портрет системи. Правила побудови фазових траєкторій. Визначення автоколивань методом припасовування. Метод точкових перетворень.

## Кредитний модуль 2. КУРСОВА РОБОТА

Отримання завдання до курсової роботи

Приклад виконання курсової роботи та оформлення КР згідно вимог

Структурна схема системи автоматичного регулювання кутової швидкості обертання мішалки ферментера без врахування коригувального елемента.

Вираз для  $W_p$  розімкненої САК, диференційне рівняння системи автоматичного регулювання без корекції

Стійкість САК за допомогою критерія Михайлова

Структурна схема САК із коригувальним елементом

Диференційне рівняння САК із урахуванням корекції

Критичне значення коефіцієнта зворотного зв'язку  $k_{сз}$  з умов стійкості за Гурвіцем

Асимптотичні ЛАЧХ та ЛЧФХ розімкненої САК.

Крива Михайлова для скорегованої САК.

Амплитудно-фазова частотна характеристика

Перехідна та вагова характеристики САК

## 4. Рекомендована тематика лабораторні роботи (комп'ютерних практикумів)

Основні цілі лабораторних занять – закріпити знання, отриманні при вивченні теоретичного курсу. Набути навичок побудови принципової, функціональної та структурної схем систем автоматизації технологічним обладнанням фармацевтичного і мікробіологічного виробництв; складати спрощені математичні моделі технологічних об'єктів керування; аналізувати стійкість лінійних систем автоматизації технологічним обладнанням; визначати похибки систем автоматизації з типовими регуляторами; досліджувати часові та частотні характеристики систем автоматизації; аналізувати якість процесу керування систем автоматизації; здійснювати синтез систем автоматизації з типовими регуляторами; обирати технічні засоби систем автоматизації технологічним обладнанням фармацевтичного і мікробіологічного виробництв; обирати схему системи автоматизації типових технологічних процесів.

Спрощені математичні моделі об'єктів керування. Розрахункові схеми та складання математичних моделей об'єктів керування систем автоматизації.

Дослідження одноконтурних АСР. Аналіз стійкості та якості одноконтурних АСР.

Дослідження характеристик П-, І- та ІІІ-регуляторів. Аналіз часових та частотних характеристик регуляторів.

Дослідження характеристик комбінованих регуляторів. Аналіз часових та частотних характеристик.

Дослідження характеристик об'єктів із запізненням. Визначення стійкості та побудова амплітудно-фазових характеристик динамічних об'єктів із запізненням.

Дослідження АСР з П-, І- та Д-регуляторами. Визначення стійкості, швидкодії та статичної і динамічної похибок

Дослідження АСР з ПІ-регулятором. Визначення стійкості, швидкодії та динамічної похибки.

Використання інженерної методики синтезу систем автоматизації. Обчислення коефіцієнтів передачі складових регуляторів для різних вимог до якості АСР.

Використання частотних методів синтезу систем автоматизації. Синтез параметрів АСР за типовими ЛАЧХ.

*Комп'ютерний практикум №1.*

Аналіз впливу запізнення регулятора на стійкість та точність систем автоматизації. (2 год.)

*Комп'ютерний практикум №2.*

Аналіз систем автоматизації технологічного обладнання з типовими регуляторами. (2 год.)

*Комп'ютерний практикум №3.*

Аналіз впливу параметрів П-, І-, ПІ-, ПД- та ПІД- регуляторів типовими технологічними об'єктами на часові характеристики систем автоматизації. (2 год.)

*Комп'ютерний практикум №4.*

Моделювання процесів та систем, що описуються системами лінійних алгебраїчних рівнянь (СЛАР). Рішення СЛАР (неоднорідних та однорідних) в програмах MathCAD та MatLab. (2 год.)

*Комп'ютерний практикум №5.*

Рішення системи двох диференціальних рівнянь першого порядку і відображення інтегральних та фазових кривих в програмі MathCAD. (2 год.)

*Комп'ютерний практикум №6.*

Імітаційне моделювання трубчатих теплообмінників при русі теплоносія в режимах прямого та притоку (4 год)

*Комп'ютерний практикум №7.*

Рішення задачі імітаційного моделювання гідравлічних схем у стаціонарному режимі із застосуванням Simulink MatLab (4 год.).

## **6. Рекомендовані індивідуальні завдання**

При виконанні курсової роботи, 6 семестр, студент набуває практичного досвіду:  
будувати структурні схеми автоматичного керування;  
математичного опису динаміки неперервних та дискретних систем автоматичного керування;  
аналізувати стійкість та якість систем керування;  
проводити синтез лінійних систем автоматичного керування;  
складати диференційного рівняння САК з урахуванням корекції;  
визначати критичні значення коефіцієнта передачі  $k_{скр}$  з умов стійкості за Гурвіцем;  
будувати асимптотичні ЛАЧХ та ЛФЧХ розімкненої САК;  
будувати амплітудно-фазові характеристики для скорегованої розімкненої САК.  
визначення запасів стійкості за модулем та фазою.

## **7. Рекомендована література**

1. Стенцель Й.І. Автоматика та автоматизація хіміко-технологічних процесів.—Луганськ, 2004.—375с.
2. Стенцель Й.І. Автоматизація технологічних процесів хімічних виробництв.—К.:ІСДО, 1995.—360с.

3. Основы автоматизации химических производств / Под ред. П.А. Обновленского.–Л.:Химия, 1975.–527с.
4. Процессы и аппараты биотехнологии в химико-фармацевтической промышленности.–М.,Наука, 1969.
5. Перов В.А. Основы теории автоматического регулирования химико-технологических процессов.–М.:Химия, 1970.– 352с.
6. Полоцкий Л.М. Автоматизация химических производств.–М.:Химия,1982.
7. Ротач В.Я. Теория автоматического управления теплоэнергетическими процессами.–М.:Энергоатомиздат, 1985.–296с.

### **Додаткова література**

1. Автоматизация микробиологических производств.–Рига: Зинанте, 1982.
2. Бортников И.И., Босенко А.М. Машины и аппараты микробиологических производств.–Минск:Выш.шк.,1982.–288с.
3. Вальтер Н.Л. Процессы и аппараты химико-фармацевтических производств.–М., 1990.
4. Гапонов К.П. Процессы и аппараты микробиологических производств.–М.:Лег. и пищ. пром-сть, 1982.–240с.

### **8. Засоби діагностики успішності навчання**

Для успішного засвоєння матеріалу студентам пропонуються тести, питання до курсової роботи та білети на іспит.

Тести із кредитного модуля включають в себе питання та три варіанти відповіді на питання. Це дасть змогу студентам більш глибоко зосередитися на вивчаємому матеріалі. Білети до кредитного модуля включають 2 теоретичні питання та 1 задачу. Кредитний модуль «курсова робота» пропонує студентам індивідуальні розрахункові схеми, які розташовані в горизонтальній площині та варіанти завдань наведених у таблиці.

### **9. Методичні рекомендації**

Використовується рейтингова оцінка рівня підготовки студентів з кредитних модулів. Відповідно, до вивчення дисципліни, пропонується своя система набору балів, яка затверджується на засіданні кафедри. Наочність розкриття окремих тем лекцій (розрахункові та конструктивні, функціональні та структурні схеми, характеристики та діаграми тощо) забезпечується роздатковим графічним матеріалом.