

**УКРАЇНСЬКА ІНЖЕНЕРНО-ПЕДАГОГІЧНА АКАДЕМІЯ**

**Факультет Енергетики, енергозберігаючих технологій і автоматизації енергетичних процесів**

**Кафедра Теплоенергетики та енергозберігаючих технологій**

# **СИЛАБУС**

## **ТЕОРІЯ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ**

Харків 2020

<b>Кафедра</b>	Кафедра теплоенергетики та енергозберігаючих технологій Department of thermal power engineering and energy-saving technologies Посилання на сайт кафедри <a href="mailto:tez@uipa.edu.ua">tez@uipa.edu.ua</a>
<b>Назва навчальної дисципліни</b>	Теорія автоматичного управління Automatic control theory Навчальна дисципліна ведеться українською мовою
<b>Рівень вищої освіти</b>	Бакалавр
<b>Викладач (-і)</b>	<p>1. Доктор технічних наук, професор Канюк Геннадій Іванович; Лекційні заняття; посилання на профайл викладача: <a href="http://tez.uipa.edu.ua/?attachment_id=1213">http://tez.uipa.edu.ua/?attachment_id=1213</a>; контактний телефон: 099-685-76-82; електронна пошта: tez@uipa.edu.ua.</p> <p>2. Кандидат технічних наук, доцент Василець Тетяна Юхимівна; практичні, лабораторні заняття; посилання на профайл викладача: <a href="http://tez.uipa.edu.ua/?attachment_id=1217">http://tez.uipa.edu.ua/?attachment_id=1217</a>; контактний телефон: 067-57-57-032; електронна пошта: tatyana.vasilets@gmail.com.</p>
<b>Сторінка дисципліни в системі дистанційної освіти УПА</b>	<a href="http://do.uipa.edu.ua/course/index.php?categoryid=18">http://do.uipa.edu.ua/course/index.php?categoryid=18</a>
<b>Консультації</b>	Зазначається формат, розклад і місце проведення консультацій <b>Очні консультації:</b> Канюк Геннадій Іванович, щосереди 14 <sup>00</sup> -15 <sup>00</sup> в ауд. 302/1 Василець Тетяна Юхимівна, щосереди та щоп'ятниці 14 <sup>00</sup> -15 <sup>00</sup> в ауд. 15/1 <b>Он лайн- консультації:</b> Усі запитання можна надсилати на електронну пошту Канюка Геннадія Івановича та Василець Тетяни Юхимівни, вказані в цьому силабусі.

## 1. Коротка анотація до курсу.

«Теорія автоматичного управління» (ТАУ) – це дисципліна, що вивчає процеси автоматичного управління об'єктами різної фізичної природи. За допомогою математичних засобів виявляються властивості систем автоматичного управління і розробляються рекомендації по їх проектуванню.

Теорія автоматичного управління є базовою і відносно молодого наукою про управління. Основні питання та методи ТАУ розглянуті в класичній теорії, що продовжує інтенсивно розвиватися в бік створення теорії інтелектуальних систем управління.

ТАУ досить довго мала сильну інженерну спрямованість і базувалася в основному на розгляді процесів в системі «регулятор-об'єкт управління». ТАУ є системною наукою і тому включає в себе частково багато методи інженерних напрямків. Прикладну або інженерну ТАУ сьогодні називають «класичною» .

Основи сучасної ТАУ ідеологічно закладені в «класичній» ТАУ і мають на меті «оптимізації в цілому», перетворюючись в сукупність методів і засобів, що здійснюють інтелектуальне управління і складають основу теорії інтелектуальних систем управління.

Теорія автоматичного регулювання і управління відноситься до числа наукових дисциплін, що утворюють в сукупності науку про управління і регулювання

Вивчення навчальної дисципліни сприяє здобуттю наступних **компетентностей**:

ЗК01. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК04. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ЗК05. Здатність до пошуку, опрацювання та аналізу інформації з різних джерел.

ФК3. Здатність виконувати аналіз об'єктів автоматизації на основі знань про процеси, що в них відбуваються та застосовувати методи теорії автоматичного керування для дослідження, аналізу та синтезу систем автоматичного керування. .

ФК4. Здатність застосовувати методи системного аналізу, математичного моделювання, ідентифікації та числові методи для розроблення математичних моделей окремих елементів та систем автоматизації в цілому, для аналізу якості їх функціонування із використанням новітніх комп'ютерних технологій.

ФК9. Здатність вільно користуватись сучасними комп'ютерними та інформаційними технологіями для вирішення професійних завдань, програмувати та використовувати прикладні та спеціалізовані комп'ютерно-інтегровані середовища для вирішення задач автоматизації.

## 2. Мета та завдання курсу.

*Мета:* освоєння дисциплінарних компетенцій по пізнанню фундаментальних принципів управління об'єктами, набуття навичок їх практичного використання для аналізу та синтезу систем автоматичного управління.

*Завдання:*

- вивчення математичних методів формалізованого опису систем автоматичного управління;
- формування вміння розраховувати чи визначати експериментально основні динамічні характеристики, показники якості роботи систем управління;
- формування вміння обґрунтувати вибір принципу дії, структури системи управління,
- формування навичок розрахувати параметри елементів системи що проектується;
- оволодіти технікою застосування математичних пакетів для імітаційного моделювання та синтезу оптимальних систем.

## 3. Формат навчальної дисципліни. Змішаний (blended).

## 4. Результати навчання.

Очікувані результати навчання (ПР)	Складові результатів навчання
ПР05. Вміти застосовувати методи теорії автоматичного керування для дослідження, аналізу та синтезу систем автоматичного керування	ПР05. 1. Вміти застосовувати знання про алгоритми управління і принципи побудови систем автоматичного управління, якість процесів управління для дослідження, аналізу та синтезу систем. ПР05.2. Вміти виконати математичний опис систем управління в змінних вхід-вихід та в змінних стану. ПР05.3. Вміти визначити часові та частотні характеристики систем автоматичного управління. ПР05.4. Вміти визначити стійкості систем автоматичного управління з застосуванням алгебраїчних та частотних критеріїв стійкості. ПР05.5. Вміти виконати оцінку якості лінійних систем автоматичного управління в перехідному та в усталеному режимі.

Очікувані результати навчання (ПР)	Складові результатів навчання
	<p>ПР05.6. Вміти виконати корекцію систем автоматичного управління на основі знання методів підвищення точності та забезпечення заданої якості процесів управління.</p> <p>ПР05.7. Вміти провести синтез оптимальної системи застосовуючи знання методів аналітичного конструювання регуляторів, виконати реалізацію оптимальних регуляторів на ЕОМ.</p> <p>ПР05.9. Вміти виконати дослідження процесів у нелінійних систем автоматичного управління з застосуванням методу фазової площини та методу гармонійної лінеаризації.</p> <p>ПР05.10. Вміти провести аналіз точності роботи системи управління за наявності випадкових впливів у часовій та частотній областях.</p> <p>ПР05.11. Вміти виконати математичний опис процесів в цифрових системах, визначити стійкість цифрових систем, виконати оцінку якості та точності цифрових систем.</p>
<p>ПР06. Вміти застосовувати методи системного аналізу, моделювання, ідентифікації та числові методи для розроблення математичних та імітаційних моделей окремих елементів та систем автоматизації в цілому, для аналізу якості їх функціонування із використанням новітніх комп'ютерних технологій</p>	<p>ПР06.1. Вміти виконати математичний опис систем управління в змінних вхід-вихід та в змінних стану.</p> <p>ПР06.2. Вміти визначити часові та частотні характеристики систем автоматичного управління.</p> <p>ПР06.3. Вміти визначити стійкості систем автоматичного управління з застосуванням алгебраїчних та частотних критеріїв стійкості.</p> <p>ПР06.4. Вміти виконати оцінку якості лінійних систем автоматичного управління в перехідному та в усталеному режимі.</p> <p>ПР06. 5. Вміти виконати корекцію систем автоматичного управління на основі знання методів підвищення точності та забезпечення заданої якості процесів управління.</p> <p>ПР06.6. Вміти провести синтез оптимальної системи застосовуючи знання методів аналітичного конструювання регуляторів, виконати реалізацію оптимальних регуляторів на ЕОМ.</p>

## 5. Обсяг курсу

Види навчальних занять	Кількість годин (кредитів)	Форми поточного та підсумкового контролю
Лекції	44	Опитування.
Практичні заняття	16	Опитування, письмові контрольні роботи.
Лабораторні заняття	20	Опитування, захист лабораторних робіт
Самостійна робота	64	Захист курсової роботи. Захист індивідуальних завдань.
<b>Всього</b>	<b>240 (8 кредитів)</b>	Підсумковий контроль: Екзамен.

## 6. Ознаки навчальної дисципліни:

Навчальний рік	Курс (рік навчання)	Семестр	Спеціальність (спеціалізація), освітня програма (за необхідністю)	Нормативна / вибіркова
2020/2021	3	5 (осінь)	Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології Освітня програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»	нормативна (Н)

**7. Пререквізити.** Теоретичною базою вивчення дисципліни «Теорія автоматичного управління» є попередні навчальні дисципліни: «Вища математика», «Фізика», «Електротехніка, вимірювання та метрологічне забезпечення».

**8. Постреквізити.** Дисципліни, які будуть використовувати результати навчання даного курсу: «Теорія електроприводу та системи управління електроприводами», «Основи комп'ютерно-інтегрованого управління», «Технічні засоби автоматизації та проектування систем автоматизації», «Проектування комп'ютеризованих систем управління», «Автоматизовані системи управління технологічними процесами і об'єктами», «Системний аналіз, ідентифікація та моделювання процесів і систем».

**9. Технічне й програмне забезпечення та/або обладнання.** Макети: «Система управління із зворотними зв'язками», «Система стабілізації швидкості зі статичним та астатичним регуляторами», «Дослідження динамічних параметрів систем автоматичного управління». ПК Celeron 2.8 ГГц, 2 Гб ОЗУ, 250 Гб HDD – 15 шт. Система MATLAB.

**10. Політики курсу.** Викладач та всі здобувачі, що вивчають цей курс, зобов'язуються дотримуватись таких положень:

- Положення про академічну доброчесність в Українській інженерно-педагогічній академії <https://drive.google.com/file/d/1fyh2uMJczxJ8shq9LYB9Rhs2TFsbT9bF/view>;
- Положення про академічну доброчесність при виконанні письмових робіт здобувачами освіти Української <https://drive.google.com/file/d/1R5RZt0aA1y-mS7lzecUkfGWozG-3QS0h/view>;
- Положення про порядок формування рейтингу успішності студентів Української інженерно-педагогічної академії для призначення стипендії <https://drive.google.com/file/d/1ZRDuNTERpnwHUtl4G25B0RmDuBSU9HfH/view>;
- Положення про порядок реалізації учасниками освітнього процесу УПА права на академічну мобільність [https://drive.google.com/file/d/1RwJKM6P5QiTgqm7STqczL7ng-2\\_GvMKu/edit](https://drive.google.com/file/d/1RwJKM6P5QiTgqm7STqczL7ng-2_GvMKu/edit)

та розуміють, що за їх порушення несуть особисту відповідальність.

### 11. Календарно-тематичний план навчальної дисципліни

№ тижня	Вид і номер заняття	Тема заняття або завдання на самостійну роботу	К-ть годин
<b>Змістовий модуль № 1. Математичний опис систем управління. Стійкість лінійних систем управління</b>			
1	Лекція 1	Визначення системи автоматичного управління (САУ). Основні принципи управління. Класифікація систем автоматичного управління	2
	Лекція 2	Визначення динамічної ланки. Класифікація і динамічні характеристики ланок	2
	Лекція 3	Характеристики типових динамічних ланок	2
	Самостійна робота 1	Підготовка до лабораторної роботи 1	2
	Лабораторна робота 1	Дослідження часових характеристик типових динамічних ланок	4
	Самостійна робота 2	Робота з конспектом лекцій. Робота з навчальною літературою. Виконання індивідуальних завдань. Складання тлумачного словника на англійській мові. Виконання курсового проекту.	18
2	Лекція 4	Структурні (алгоритмічні) схеми автоматичних систем	2
	Лекція 5	Передавальні функції типових з'єднань ланок	2
	Практичне заняття 1	Перетворення структурних схем САУ	2
	Лекція 6	Передавальні функції систем автоматичного управління в розімкненому і замкнутому станах. Передавальні функції статичних і астатичних САУ	2
	Самостійна робота 3	Робота з конспектом лекцій. Робота з навчальною літературою. Виконання індивідуальних завдань. Складання тлумачного словника на англійській мові. Виконання курсового проекту.	19
3	Лекція 7	Рівняння динаміки систем автоматичного управління	2
	Лекція 8	Частотні характеристики ланок і систем автоматичного управління	2
	Лекція 9	Логарифмічні частотні характеристики ланок і систем автоматичного управління	2
	Практичне заняття 2	Передатна функція . Частотні характеристики	2



	Самостійна робота 4	Підготовка до лабораторної роботи 2	2
	Лабораторна робота 2	Дослідження частотних характеристик типових динамічних ланок	4
	Самостійна робота 5	Робота з конспектом лекцій. Робота з навчальною літературою. Виконання індивідуальних завдань. Складання тлумачного словника на англійській мові. Виконання курсового проекту.	18
4	Лекція 10	Поняття і умови стійкості систем автоматичного управління. Алгебраїчні критерії стійкості	2
	Лекція 11	Частотні критерії стійкості	2
	Практичне заняття 3	Стійкість систем. Критерій Гурвиця	2
	Самостійна робота 6	Підготовка до лабораторної роботи 3	2
	Лабораторна робота 3	Дослідження стійкості лінійних систем автоматичного управління	4
	Самостійна робота 7	Робота з конспектом лекцій. Робота з навчальною літературою. Виконання індивідуальних завдань. Складання тлумачного словника на англійській мові. Виконання курсового проекту.	19
<b>Всього за змістовий модуль 1 – 120 год. (лекцій – 22 год., ПЗ – 6 год., ЛР – 12 год., СР – 80 год.)</b>			
<b>Змістовий модуль № 2. Якість, корекція, імовірнісний аналіз лінійних САУ. Нестационарні, цифрові, нелінійні та оптимальні САУ</b>			
5	Лекція 12	Якість систем автоматичного управління. Оцінка якості систем управління в перехідному режимі	
	Лекція 13	Оцінка якості систем управління усталеному режимі	
	Самостійна робота 8	Підготовка до лабораторної роботи 4	2
	Лабораторна робота 4	Дослідження якості перехідних процесів лінійних систем автоматичного управління	4
	Лекція 14	Необхідність корекції САУ. Поняття про корекцію. Корекція САУ за допомогою послі-	2

		довних коригуючих пристроїв	
	Самостійна робота 9	Робота з конспектом лекцій. Робота з навчальною літературою. Виконання індивідуальних завдань. Складання тлумачного словника на англійській мові. Виконання курсового проекту.	18
6	Лекція 15	Корекція САУ за допомогою паралельних коригуючи пристроїв.	2
	Самостійна робота 10	Підготовка до лабораторної роботи 5	2
	Лабораторна робота 5	Дослідження перехідних процесів двомасової системи автоматичного управління	4
	Лекція 16	Основні властивості і характеристики випадкових процесів	2
	Лекція 17	Проходження випадкового сигналу через лінійну систему і аналіз точності систем управління за наявності випадкових дій	2
	Практичне заняття 4	Визначення середньоквадратичної помилки системи графоаналітичним методом	2
	Самостійна робота 11	Робота з конспектом лекцій. Робота з навчальною літературою. Виконання індивідуальних завдань. Складання тлумачного словника на англійській мові. Виконання курсового проекту.	19
7	Лекція 18	Основні поняття та визначення цифрових систем управління. Математичний опис процесів у цифрових системах	
	Лекція 19	Стійкість, якість і точність цифрових систем	2
	Практичне заняття 5	Синтез та моделювання дискретної САУ за допомогою Matlab	2
	Лекція 20	Нелінійні системи управління, основні поняття і визначення. Метод фазової площини. Метод гармонійної лінеаризації	2
	Практичне заняття 6	Методи дослідження нелінійних систем	2
	Самостійна робота 12	Робота з конспектом лекцій. Робота з навчальною літературою. Виконання індивідуальних завдань. Складання тлумачного словника на англійській мові. Виконання курсового проекту.	18

8	Лекція 21	Оптимальні автоматичні системи. Критерії оптимальності. Загальна характеристика задачі оптимізації	2
	Лекція 22	Методи рішення задачі синтезу оптимального управління. Аналітичне конструювання регуляторів	2
	Самостійна робота 13	Підготовка до лабораторної роботи 6	2
	Лабораторна робота 6	Синтез оптимального регулятора для двомасової системи автоматичного управління.	4
	Самостійна робота 14	Робота з конспектом лекцій. Робота з навчальною літературою. Підготовка до захисту курсового проекту. Складання тлумачного словника на англійській мові. Підготовка до іспиту.	19
<b><i>Всього за змістовий модуль 2 – 120 год. (лекцій – 22 год., ПЗ – 6 год., ЛР – 12 год., СР – 80 год.)</i></b>			
<b><i>Всього з навчальної дисципліни – 240 год. (лекцій – 44 год., ПЗ – 12 год., ЛР – 24 год., СР – 160 год.)</i></b>			

## 12. Система оцінювання та вимоги

**Загальна система оцінювання:** Навчальна дисципліна оцінюється за 100-бальною шкалою. Робота здобувача впродовж семестру/екзамен (іспит) - 73/27

### Шкала оцінювання з навчальної дисципліни

№	Види робіт здобувача	Оцінка
1.	Виконання індивідуальних завдань	0-30
2.	Виконання і захист лабораторних робіт	0-30
3.	Складання тлумачного словника на англійській мові	0-13
4.	Екзамен	0-27
	<b>Всього за навчальну дисципліну</b>	<b>0-100</b>

### Шкала оцінювання: національна та ECTS

Підсумкова оцінка	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою (екзамен)	Оцінка за національною шкалою (залік)
90 – 100	<b>A</b>	відмінно	зараховано
82 – 89	<b>B</b>	добре	
74 – 81	<b>C</b>		
64 – 73	<b>D</b>		
60 – 63	<b>E</b>	задовільно	незараховано
35 – 59	<b>FX</b>	незадовільно з можливістю повторного складання	
0 – 34	<b>F</b>	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	

### **Умови допуску до підсумкового контролю:**

- 1) Відпрацювання і захист усіх лабораторних робіт.
- 2) Оцінка за виконання всіх робіт, в тому числі індивідуальних завдань, не менше, ніж 60 балів з 73 можливих.
- 3) Робота здобувача впродовж семестру оцінено не менше, ніж на 60 балів.
- 4) Захист курсової роботи.

### **Критерії оцінювання видів робіт.**

Впродовж семестру студент повинен виконати індивідуальні завдання. Максимальна кількість балів за кожне завдання становить у середньому 6 балів.

- **6** балів виставляється студенту який має глибокі теоретичні знання відповідного розділу дисципліни, правильно виконав завдання, відповів на всі запитання, має логічне мислення при відповідях на запитання.
- **5** балів виставляється студенту, який має достатньо глибокі теоретичні знання відповідного розділу дисципліни, правильно виконав завдання, але його відповіді на деякі запитання не є чіткими.
- **4** бали виставляється студенту, який має тверді теоретичні знання відповідного розділу дисципліни, правильно виконав завдання, але нераціональним способом; наявні неточності у деяких формулюваннях при відповідях на теоретичні запитання.
- **3** бали виставляється студенту, який володіє теоретичним матеріалом відповідного розділу дисципліни в повному обсязі, але допустив незначні помилки при виконанні завдання, можливі деякі неточності у відповідях на запитання.
- **2** бали виставляється студенту, який в основному володіє теоретичним матеріалом відповідного розділу дисципліни, виконав завдання з грубими помилками, не відповів на деякі запитання.
- **1** Оцінка бал виставляється студенту, який не володіє деякою частиною теоретичного матеріалу відповідного розділу дисципліни, не виконав завдання, не відповів на більшість запитань.
- **0** балів виставляється студенту, який не володіє основними питаннями теоретичного матеріалу відповідного розділу дисципліни, не виконав завдання.

### 13. Питання до екзамену

1. Що розуміють під динамічною ланкою і які типові динамічні ланки вам відомі?
2. Запишіть диференціальні рівняння і передатні функції типових динамічних ланок.
3. Приведіть аналітичні вираження для перехідних характеристик типових динамічних ланок і проведіть відповідні їм графіки.
4. Як визначається передатна функція при послідовному, паралельному і паралельно зустрічному включенні динамічних ланок?
5. Запишіть загальний вид лінійного диференціального рівняння, що визначає зв'язок між вхідною та вихідної перемінними динамічної системи.
6. Дайте визначення передатної функції динамічної системи і сформулюйте алгоритм для її визначення з диференціального рівняння.
7. .
8. Яким чином можна перейти від опису системи у формі "вхід-вихід" до опису системи у формі перемінних стану та назад?
9. Сформулюйте основні правила перетворення структурних схем систем управління.
- 10.Що називається стійкістю САУ?
- 11.Дайте визначення стійкої САУ.
- 12.Як зв'язані стійкість системи з коренями її характеристичного рівняння?
- 13.Як одержати характеристичне рівняння САУ?
- 14.У чому полягають недоліки аналізу стійкості САУ по коренях характеристичного рівняння?
- 15.Перелічіть критерії стійкості і поясніть, чим викликана необхідність їхнього застосування.
- 16.Дайте визначення критерію стійкості Гурвиця.
- 17.У яких випадках доцільне застосування алгебраїчного критерію стійкості?
- 18.Коли доцільне застосування критерію Найквіста?
- 19.Сформулюйте критерій Найквіста для систем.
- 20.Укажіть формулювання логарифмічного критерію стійкості.
- 21.Який коефіцієнт називається граничним і як його знайти за критерієм Гурвиця?
- 22.Як знайти запаси стійкості по амплітуді і по фазі, по логарифмічним і амплітудно-фазовим характеристикам?
- 23.Перелічіть основні показники якості перехідних процесів.
- 24.Побудуйте амплітудно-частотну характеристику замкнутої системи і поясніть, як по ній оцінити якість роботи системи.

25. Який зв'язок між показниками якості і точністю роботи САУ?
26. Дайте визначення статичної та астатичної САУ.
27. Як впливають коефіцієнт підсилення і смуга пропускання на точність системи?
28. Для чого використовуються інтегральні критерії якості? У чому зміст інтегральних оцінок?
29. Дайте визначення основних типів інтегральних квадратичних оцінок і вкажіть їх особливості.
30. Охарактеризуйте основні методи корекції САУ.
31. Поясніть фізичний зміст корекції САУ шляхом уведення похідних від сигналу неузгодженості в закон управління.
32. Намалюйте типові послідовні коригувальні пристрої і їхні частотні характеристики.
33. Яке визначення жорсткого зворотного зв'язку, поясніть його вплив на динамічні характеристики охоплюваних ланок.
34. Перелічіть відомі вам коригувальні пристрої і зобразіть їхні частотні характеристики.
35. Як побудувати бажану логарифмічну амплітудно-частотну характеристику САУ?
36. Яка сутність методики розрахунку коригувальної ланки за допомогою логарифмічних частотних характеристик?
37. Дайте визначення нелінійної системи.
38. Укажіть відомі вам типи нелінійностей і їхні статичні характеристики.
39. Приведіть визначення несуттєво й суттєво нелінійної характеристики.
40. Як вибираються координати для побудови фазових траєкторій?
41. Яка сутність виникнення автоколивань?
42. Зобразіть фазову траєкторію стійкої і коливальної систем, а також систему, де можливі автоколивання.
43. Запишіть математичну умову виникнення автоколивань.
44. Як визначити комплексний коефіцієнт підсилення нелінійної частини системи?
45. Як оцінюється стійкість автоколивань по методу Гольдфарба?
46. Сформулюйте задачу оптимального управління.
47. Що таке критерій оптимальності?
48. Які види функціоналів ви знаєте?
49. Які основні види обмежень ви знаєте?
50. У чому складається принцип оптимальності?
51. Що таке керованість і спостережуваність стаціонарних лінійних систем?
52. Як виконати синтез оптимального регулятора, спостерігача і компенсатора на ЕОМ?
53. Дайте визначення цифрової системи управління.
54. Що називається періодом квантування, дискретним сигналом, кроком квантування, ідеальним квантувачем?

- 55.Зобразіть схеми моделювання цифрових систем.
- 56.Як визначається  $z$ -перетворення функції?
- 57.Сформулюйте необхідну і достатню умову стійкості цифрової системи управління.
- 58.Як визначається стійкість цифрової системи.
- 59.Які характеристики використовуються в цифрових системах для оцінки якості перехідних процесів?
- 60.За якими показниками прийнято оцінювати точність цифрових систем?
- 61.Дайте визначення випадкового процесу і наведіть закони його розподілу.
- 62.Що називається математичним сподіванням, дисперсією, середньоквадратичним відхиленням і кореляційною функцією випадкового процесу?
- 63.Що таке стаціонарні випадкові процеси і ергодичні стаціонарні випадкові процеси?
- 64.Як визначається спектральна щільність стаціонарного випадкового процесу?
- 65.Наведіть властивості кореляційної функції і спектральної щільності стаціонарного випадкового процесу.
- 66.Як виконується аналіз точності систем керування за наявності випадкової дії в часовій та в частотній області?
- 67.Дайте характеристику методів синтезу оптимальних систем на основі критерію мінімуму середньоквадратичної помилки.

## **14. Рекомендована література та інформаційні ресурси**

### **Основна (базова) література**

1. Александров Є.Є., Голуб О.П., Кузнецов Б.І., Соляник В.П. Теорія автоматичного керування. – Харків. НТУ “ХПІ” т.№1, 1999. – 150 с..
2. Александров Є.Є., Голуб О.П., Кузнецов Б.І., Соляник В.П. Теорія автоматичного керування. – Харків. НТУ “ХПІ” т.№2, 2000 – 160 с.
3. Александров Є.Є., Голуб О.П., Кузнецов Б.І., Соляник В.П. Теорія автоматичного керування: – Харків. НТУ “ХПІ” т.№3, 2002. – 195 с.
4. Голюк П.Ф., Гречин Т.М. Теорія автоматичного керування: Навчальний посібник. – Л: Видавництво Львівської політехніки, 2012. – 280 с..



### Додаткова (допоміжна) література

1. Попович М. Г., Ковальчук О. В. П58 Теорія автоматичного керування: Підручник. - 2-ге вид., перероб. і догі. - К.: Либідь, 2007. - 656 с.
2. Зайцев Г.Ф. Теория автоматического управления и регулирования. - 2-е изд., перераб. и доп. - К.: Высшая шк. Головное изд-во, 1989. -431с.
3. Бесекерский В. А. , Попов Е.П. Теория систем автоматического управления. – М: «Профессия», 2004. – 747 с.
4. Жмудь, В. А. Теория автоматического управления. Замкнутые системы : учебное пособие для академического бакалавриата : для студентов вузов, обучающихся по инженерно-техническим направлениям / В. А. Жмудь. - 2-е изд., перераб. и доп. – М: Юрайт, 2018. - 234 с.
5. Теория автоматического управления: Учеб. для вузов. В 2-х ч. Ч. I. / Н. А. Бабаков, А. А. Воронов, А. А. Воронова и др.; Под ред. А. А. Воронова. -2-е изд., перераб.и доп. - М.: Высш. шк., 1986. - 367 е.
6. Теорияавтоматического управления: Учеб. для вузов. В 2-х ч. Ч. 2. / Н. А. Бабаков, А. А. Воронова и др.; Под ред. А, А., Воронова.-2-е изд., перераб.и доп. - М.: Высш. шк., 1986. - 504 с.
7. Методы классической и современной теории автоматического управления: Учебник в 5-и тт.; 2-е изд., перераб. и доп. Т1 / Под ред.. К.А. Пупкова, Н.Д. Егупова. - М: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 656 с.
8. Первозванский А.А. Курс теории автоматического управления: Учеб. пособ. – М: Наука. Гл ред. физ.-мат. лит., 1986. - 616 с.
9. Ерофеев А.А. Теория автоматического управления: Учебник для вузов. – 3-е изд., стереотип. – СПб.: Политехника, 2015. – 302 с.
- 10.ЛазареваТ. Я., МартемьяновЮ. Ф.Основы теории автоматического управления: Учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. Там-бов: Изд-воТамб. гос. техн. ун-та, 2004. - 352 с.

### Інформаційні ресурси

Посилання на сторінку навчальної дисципліни в системі дистанційної освіти УІПА  
<http://do.uipa.edu.ua/course/index.php?categoryid=18>