

## АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### «Теоретические основы автоматического управления»

Дисциплина «Теоретические основы автоматического управления» является частью программы бакалавриата «Строительство (общий профиль, СУОС)» по направлению «08.03.01 Строительство».

#### **Цели и задачи дисциплины**

Цель дисциплины – освоение дисциплинарных компетенций по познанию фундаментальных принципов управления объектами, методов построения моделей систем автоматического управления и исследования процессов в этих системах. Задачи дисциплины: • изучение организации и архитектуры систем управления объектами, методов проектирования автоматических систем, моделей вычислений, синтеза дискретных корректирующих алгоритмов; • формирование умения проектировать программное обеспечение с использованием подхода, ориентированного на модель системы; • формирование умения разрабатывать структурные схемы систем и ее элементы по модели функциональных алгоритмических структур; • формирование навыков работы в обработке, анализе и представлении результатов исследований объектов и систем..

#### **Изучаемые объекты дисциплины**

принципы управления объектами; статические и астатические САУ; аналитические и графические модели автоматических систем; методы анализа качества САУ; методы синтеза линейных автоматических систем; цифровые САУ; нелинейные системы; оптимальные, адаптивные, стохастические САУ..

### Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		6	7
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	126	72	54
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	54	36	18
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	66	32	34
- контроль самостоятельной работы (КСР)	6	4	2
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	198	108	90
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет	9		9
Зачет			
Курсовой проект (КП)	36	36	
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	360	216	144

### Краткое содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
6-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Преобразование структурных схем и анализ устойчивости и качества САУ; синтез систем управления	16	0	12	40
<p>Тема 4. Типовые динамические звенья систем управления.</p> <p>Статические (позиционные) звенья (апериодические звенья 1-го и 2-го порядков, колебательное звено), консервативное и неустойчивое звенья второго порядка, интегрирующие и дифференцирующие звенья, трансцендентные звенья. Переходные и передаточные функции звеньев, частотные характеристики.</p> <p>Тема 5. Передаточные функции систем различной структуры и преобразование структурных схем; методика построения логарифмических частотных характеристик САУ.</p> <p>Последовательное соединение звеньев, встречно-параллельное включение звеньев, последовательно-параллельное включение звеньев. Передаточные функции разомкнутых и замкнутых контуров систем. Преобразование структурных схем.</p> <p>Построение логарифмических частотных характеристик статических разомкнутых систем (в форме алгоритма). Построение логарифмических частотных характеристик астатических разомкнутых систем. ЛЧХ контура с отрицательной обратной связью.</p> <p>Тема 6. Устойчивость и качество САУ</p> <p>Определение устойчивости. Свободные и вынужденные колебания в системе. Влияние корней характеристического уравнения системы на устойчивость. Теоремы А. М. Ляпунова. Определение критерия устойчивости САУ. Необходимые (условия Рауса) и достаточные условия устойчивости. Критерии устойчивости Гурвица и Рауса. Принцип аргумента и критерий устойчивости Найквиста. Запасы устойчивости. Структурно-устойчивые и структурно-неустойчивые системы. Абсолютно устойчивые и условно устойчивые системы.</p> <p>Определение терминов ?качество САУ?, ?показатель качества?, ?анализ САУ?.</p> <p>Требования, предъявляемые к системам автоматического управления.</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
<p>Анализ установившихся ошибок в системе. Ошибка на выходе системы и рассогласование в системе. Коэффициенты ошибок.</p> <p>Анализ качества САУ в динамике: прямые и косвенные показатели качества САУ. Методы анализа систем управления.</p> <p>Понятие регуляторов состояния. Модальное управление.</p> <p>Идентификация систем автоматического управления.</p> <p>Тема 7. Синтез систем управления.</p> <p>Этапы проектирования САУ. Методы синтеза систем управления (классическая схема, ПИД – регуляторы, метод размещения полюсов, метод ЛЧХ, комбинированное управление, множество стабилизирующих регуляторов).</p> <p>Платформы, на которых строятся стабилизирующие алгоритмы:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Классическая (дифференциальные уравнения - временные и частотные методы);</li> <li>2. Нечеткая логика;</li> <li>3. Нейронные сети;</li> <li>4. Гибридные алгоритмы;</li> <li>5. Генетические и муравьиные алгоритмы.</li> </ol> <p>Системы подчиненного регулирования переменных. Принципы построения САУ по модульному и симметричному оптимуму. Принципы построения инвариантных систем автоматического управления. Критерий абсолютной инвариантности. Условия инвариантности систем по управляющему и возмущающему воздействиям.</p>				
Дискретные САУ	10	0	12	38
<p>Тема 8. Дискретные системы.</p> <p>Математическое описание работы дискретных САУ</p> <p>Понятие импульсного (прерывистого) управления. Классификация дискретных САУ. Микропроцессорные САУ: назначение ЦВМ в САУ, функциональная и структурная схемы, математическое описание экстраполятора нулевого порядка, выбор величины периода квантования сигналов, статическая погрешность аналого-цифрового</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
<p>преобразователя сигналов.</p> <p>Математическое описание амплитудно-импульсного модулятора 1-го рода во временном пространстве и в пространстве Фурье. Теорема Котельникова-Шеннона. Решётчатые функции: физические процессы в аналого-цифровом преобразователе и его математическое описание посредством решётчатых функций, физические процессы в цифро-аналоговом преобразователе и решётчатая функция цифро-аналогового модулятора.</p> <p>Дискретное преобразование Лапласа. <math>Z</math> – преобразование. Основные свойства и теоремы <math>z</math> – преобразования. <math>W</math> – преобразование. Разностные уравнения: прямая и обратная разности, неполная и полная суммы, уравнения в конечных разностях <math>m</math> – го порядка, условие устойчивости систем.</p> <p>Дискретная передаточная функция микроЭВМ, работающей в контуре управления аналоговым объектом. Линейный в форме разностного уравнения закон управления объектом.</p> <p>Логарифмические псевдочастотные характеристики цифровых систем. Методы построения ЛПЧХ исходных (нескорректированных) разомкнутых цифровых систем.</p> <p>Устойчивость работы цифровых САУ</p> <p>Условие устойчивости цифровых систем. Корневой критерий устойчивости. Использование конформного отображения на основе билинейного преобразования для применения алгебраических критериев устойчивости. Критерий Гурвица. Критерий Михайлова. Критерий Найквиста. Критерий Найквиста для ЛПЧХ.</p> <p>Качество работы цифровых САУ</p> <p>Анализ точности работы цифровых систем в установившемся режиме. Оценка качества САУ по показателю колебательности. Три типа желаемых ЛПЧХ цифровых систем. Учёт постоянного временного запаздывания в цифровых системах.</p> <p>Синтез цифровых управляющих алгоритмов</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
цифро-аналоговых систем Методы синтеза цифровых управляющих алгоритмов. Стандартные цифровые регуляторы. Системы с конечной длительностью затухания переходных процессов. Программная реализация алгоритмов управления в цифровых системах.				
Математическое описание объектов и систем автоматического управления	10	0	8	30
Тема 1. Объекты и системы управления; классификация САУ. Виды объектов управления: объекты с самовыравниванием и без самовыравнивания, объекты с запаздыванием. Передаточные функции объектов. Классификация систем управления по закону изменения выходной функции, по фундаментальным принципам управления, по числу контуров и регулируемых параметров, по наличию источников вспомогательной энергии в регуляторе, по характеру изменения переменных во времени, по виду дифференциальных уравнений, описывающих работу системы, по свойствам в установившемся режиме, по виду коэффициентов в дифференциальных уравнениях, по способу оптимизации параметров. Структурные схемы систем управления объектами: общие принципы системной организации, обобщенная структурная схема САУ, типовая структурная схема трех - координатной системы. Тема 2. Математические модели объектов и систем управления.  Формы представления моделей систем. Дифференциальное уравнение общего вида для 3-координатной системы управления. Линеаризация уравнения. Линеаризованное дифференциальное уравнение системы для окрестности рабочей точки. Условия линеаризации уравнения. Понятие пространства состояний объекта или системы. Решение дифференциальных уравнений САУ методом пространства состояний. Методы вычислений матрицы				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
<p>перехода. Матричная передаточная функция. Понятие о графах. Графы систем управления. Определение передаточной функции системы. Правило написания передаточной функции замкнутой системы управления. Преобразование систем с неединичной обратной связью к системам с единичной обратной связью. Эталонная передаточная функция системы. Определение переходной и импульсной переходной функций САУ. Интеграл свертки. Частотные характеристики объектов и систем управления. Теорема о предельном (конечном) значении функции. Определения статической и астатической систем по каналам управления и возмущения. Статизм регулирования. Статические и астатические регуляторы. Статические характеристики звеньев и объектов САУ. Динамические характеристики систем управления. Типовые входные воздействия. Тема 3. Фундаментальные принципы управления.</p> <p>Задачи решаемые САУ. Передаточные функции объекта по управляющему и возмущающему воздействиям. Варьируемые параметры в законе управления объектом и способы решения задач управления. Управляемость и наблюдаемость, инвариантность и чувствительность систем управления. Принцип управления по возмущению (принцип компенсации, принцип Понселе). Структурная схема системы управления и её описание. Достоинства принципа управления по возмущению и затруднения в реализации этого принципа. Пример реализации принципа Понселе. Принцип обратной связи (принцип управления по отклонению контролируемой функции от входного воздействия, принцип Ползунова-Уатта). Математическое описание и структурная схема системы регулирования выходной координаты объекта. Физические процессы в системе с реализацией принципа Ползунова-Уатта. Достоинства и недостатки принципа</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
обратной связи. Пример реализации принципа регулирования по отклонению. Комбинированный принцип управления. Структурная схема системы с комбинированным принципом управления. Описание работы системы. Достоинства и недостатки комбинированного принципа управления.				
ИТОГО по 6-му семестру	36	0	32	108
7-й семестр				
Оптимальные, адаптивные и стохастические САУ.	10	0	20	60
Тема 10. Оптимальные, адаптивные и стохастические САУ. Оптимальные системы Понятие оптимальных систем управления. Задача оптимального управления. Целевая функция оптимального автоматического управления. Базовые методы решения задач оптимального управления: классическое вариационное исчисление – теорема и уравнение Эйлера, принцип максимума Л.С. Понтрягина, динамическое программирование Р. Беллмана.  Адаптивные системы Определение адаптивной системы. Актуальность применения адаптивных систем. Робастные системы. Классификация и примеры адаптивных систем. Методы синтеза адаптивных систем. Наблюдатели состояния. Адаптивные классические, нечёткие, нейросетевые и гибридные регуляторы. Стохастические системы Случайные процессы в системах. Основные характеристики случайных процессов. Функции распределения. Средние значения по времени и множеству. Гипотеза об эргодичности. Условия стационарности случайных процессов. Корреляционные функции и их свойства. Спектральная плотность, ее связь с корреляционной функцией. Связь вероятностных характеристик переменных линейной стационарной системы.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Методы анализа и синтеза линейных стационарных систем при случайных воздействиях. Синтез линейных систем по минимуму среднеквадратичного отклонения.				
Нелинейные автоматические системы	8	0	14	30
<p>Тема 9. Нелинейные системы.</p> <p>Статика нелинейных систем управления</p> <p>Определение нелинейной системы.</p> <p>Линеаризуемые и нелинеаризуемые нелинейности в системе. Принципиально новые свойства в динамике нелинейных систем.</p> <p>Типовая структурная схема нелинейной системы. Виды нелинейностей: звено с релейной характеристикой, звено с зоной нечувствительности и релейной характеристикой, звено с характеристикой типа «ограничение» и с зоной нечувствительности.</p> <p>Структурное преобразование нелинейной САУ к типовой.</p> <p>Устойчивость нелинейных САУ</p> <p>Понятие устойчивости нелинейных систем.</p> <p>Методы определения устойчивого положения равновесия.</p> <p>Абсолютная устойчивость процессов. Критерий абсолютной устойчивости В.М.Попова.</p> <p>Теорема А.М.Ляпунова (второй метод).</p> <p>Анализ нелинейных объектов и систем управления</p> <p>Обзор методов исследования нелинейных систем.</p> <p>Метод фазовых траекторий: основные понятия о методе, свойства фазовой плоскости, построение фазовых траекторий, построение кривой переходного процесса нелинейной САУ. Анализ поведения нелинейной САУ в фазовом пространстве. Автоколебания и их устойчивость.</p> <p>Метод гармонической линеаризации: общая характеристика метода гармонической линеаризации, комплексный передаточный коэффициент нелинейного элемента, уравнение Л.С.Гольдфарба, определение наличия и устойчивости автоколебаний по методам Л.С.Гольдфарба и А.А.Вавилова.</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Оценка качества переходных процессов в нелинейных системах. Некоторые вопросы синтеза нелинейных систем.				
ИТОГО по 7-му семестру	18	0	34	90
ИТОГО по дисциплине	54	0	66	198