

## АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### «Теория автоматического управления»

Дисциплина «Теория автоматического управления» является частью программы бакалавриата «Управление в технических системах (общий профиль, СУОС)» по направлению «27.03.04 Управление в технических системах».

#### **Цели и задачи дисциплины**

Цель дисциплины - освоение заданных дисциплинарных компетенций в области разработки и исследования систем автоматического управления; формирование системного подхода к решению задач управления; приобретение навыков, необходимых для выполнения исследовательских и расчетных работ по созданию и внедрению в эксплуатацию систем автоматического управления

Задачи дисциплины:

- Изучение основных методов математического описания объектов и систем управления; освоение форм представления и преобразования моделей систем управления; изучение основных свойств систем автоматического управления и фундаментальных принципов управления;
- Формирование умений систематизировать информацию об объектах и системах управления; осуществлять выбор наилучшего метода математического описания объекта и систем управления; осуществлять выбор оптимального закона управления в системах;
- Формирование навыков анализа и синтеза систем автоматического управления; работы с типовыми аппаратными и программными средствами моделирования систем автоматического управления.

#### **Изучаемые объекты дисциплины**

Объекты дисциплины:

- принципы построения систем автоматического управления;
- математические методы описания объектов систем управления;
- методы теории устойчивости;
- методы синтеза САУ;
- прикладные программные средства анализа и синтеза САУ.

### Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах		
		Номер семестра		
		5	6	7
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	178	90	52	36
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:				
- лекции (Л)	54	36	18	
- лабораторные работы (ЛР)	76	36	24	16
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	36	14	6	16
- контроль самостоятельной работы (КСР)	12	4	4	4
- контрольная работа				
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	146	54	20	72
2. Промежуточная аттестация				
Экзамен	36	36		
Дифференцированный зачет				
Зачет	18		9	9
Курсовой проект (КП)	36			36
Курсовая работа (КР)				
Общая трудоемкость дисциплины	360	180	72	108

### 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
5-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
Основные понятия и определения теории автоматического управления	3	0	2	4
<p>Тема 1. Основные понятия и определения. Цели и задачи курса теории автоматического управления, содержание дисциплины. Связь ТАУ с другими дисциплинами. История развития САУ и ТАУ. Роль русских и российских ученых в развитие ТАУ. ТАУ и кибернетика. Роль курса в формировании современного инженера. Роль ТАУ в решении актуальных проблем научно-технического прогресса.</p> <p>Суть управления. Понятия автоматического регулирования, автоматического управления и автоматизированного управления. Основные термины и определения Теории автоматического управления: объект управления, регулятор, система автоматического управления, звенья, функциональная схема САУ, воздействия: задающие, и управляющие, управляемая переменная, возмущения: нагрузка и помехи, ошибка управления, статика и динамика САУ. Поведение объектов и СУ; информация и принципы управления; примеры СУ техниче-скими, экономическими и организационными объектами.</p> <p>Тема 2. Классификация систем автоматического управления. Классификация систем автоматического управления по динамике процессов, протекающих в системе и в объекте управления. Линейные и нелинейные САУ. Непрерывные и дискретные системы. Детерминированные и стохастические системы. Фундаментальные принципы 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>Классификация по функции управляющего воздействия. Системы стабилизации, следящие системы, системы программного управления, оптимальные и адаптивные системы. Примеры. Классификация САУ принципу управления. Системы регулирования по отклонению, системы по возмущению, комбинированные системы. Принцип регулирования по отклонению. Замкнутые и разомкнутые системы. Понятия о системах непрерывного, импульсного и релейного управления. Понятия об обратных связях (жесткие, гибкие, отрицательные и положительные связи). Примеры. Статические и астатические системы и их свойства в стационарном режиме. Примеры. Одномерные и многомерные системы. Типовая структура САУ и ее основные элементы (объект управления, чувствительный элемент, устройство управления, элемент сравнения, регулирующий орган). Системы прямого и непрямого регулирования. Стационарные и нестационарные системы автоматического управления. Системы со сосредоточенными и распределенными параметрами</p>				
Синтез линейных систем управления	16	12	6	25
<p>Тема 12. Основные понятия синтеза линейных САУ. Прямая задача теории автоматического управления. Постановка задачи синтеза систем автоматического управления. Критерии качества и задачи выбора и параметров и характеристик СУ. Этапы проектирования систем автоматического управления. Различные подходы к синтезу линейных</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>САУ. Коррекция динамики переходных процессов с помощью обратных связей.</p> <p>Тема 13. Методы синтеза линейных САУ. Коррекция линейных непрерывных стационарных систем. Понятие коррек-тирующего устройства. Частотный метод синтеза (по желаемой ЛАЧХ). По□ строение желаемой ЛАЧХ. Коррекция систем с помощью последовательного, параллельного и встречно-параллельного (обратная связь) корректирующего устройства. Основы структурно □ параметрической оптимизации. Выбор желаемой передаточной функции объекта: биномиальная форма, фильтр Баттерворта, форма, обеспечивающая минимум интеграла от взвешенной модульной ошибки системы (ИВМО), форма, обеспечивающая минимум переходного процесса. Типовые законы регулирования: П, И, Д, ПИ, ПД и ПИД. достоинства и недостатки типовых регуляторов. Особенности синтеза САУ электромеханических систем. Метод подчиненного регулирования. Настройка контуров на «технически□ ский» и «симметричный оптимум». Особенности синтеза САУ по возмущению. Комбинированное управление. Основное назначение и расчет предшествующего фильтра. Принципы построения инвариантных систем автоматического управления. Критерий абсолютной инвариантности. Условия инвариантности по управляющему и возмущающему воздействию. Понятие регуляторов состояния. Модальное управление.</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
Математическое описание линейных непрерывных систем автоматического управления	9	8	6	10
<p>Тема 3. Классическое математическое описание САУ.</p> <p>Методы математического моделирования звеньев и систем автоматического управления. Описание динамики и статики процессов. Линейные непрерывные модели. Модели вход-выход. Дифференциальные уравнения и их линеаризация.</p> <p>Виды типовых входных сигналов.</p> <p>Динамические временные характеристики: переходная характеристика и импульсная переходная характеристика. Преобразование Лапласа.</p> <p>Понятие передаточной функции. Частотные характеристики:</p> <p>амплитудно-фазовая характеристика (АФХ), амплитудно-частотная характеристика (АЧХ), фазо-частотная характеристика (ФЧХ), логарифмическая амплитудно-частотная характеристика (ЛАЧХ).</p> <p>Физический смысл частотных характеристик.</p> <p>Тема 4. Типовые звенья САУ.</p> <p>Типовые звенья: безынерционное (усилительное), апериодическое звено, колебательное звено, идеальное и реальное интегрирующие звенья, идеальное и реальное дифференцирующие звенья, форсирующие звенья, звено чистого запаздывания.</p> <p>Временные и частотные характеристики, передаточная функция типовых звеньев.</p> <p>Понятие о минимально-фазовых звеньях. Методика построения ЛАЧХ.</p> <p>Тема 5. Графическое представление САУ.</p> <p>Понятие структурной схемы САУ. Расчет передаточной функции при раз-личном соединении звеньев (последовательном, параллельном, с</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>обратными связями). Правила преобразования структурных схем. Понятие о графах. Представление САУ в виде ориентированного графа. Определение передаточных функций по формуле Мейсона.</p> <p>Тема 6. Метод пространства состояния. Особенности исследования многомерных систем. Понятие управляемости и наблюдаемости многомерных систем. Критерии управляемости и наблюдаемости. Метод пространства состояния как современный метод описания многомерных систем автоматического управления. Основные понятия пространства состояния. Модели вход-состояние-выход. Понятие схемы переменных состояния. Метод прямого, параллельного и последовательного программирования для составления схем переменных состояния. Описание САУ методом пространства состояния. Понятие матрицы перехода. Способы получения матрицы перехода. Передаточная матрица перехода. Преобразования форм представления моделей. Применение метода пространства состояния для цифрового моделирования САУ</p>				
<p>Основные свойства САУ: Устойчивость и качество линейных непрерывных систем автоматического управления</p>	8	16	0	15
<p>Тема 7. Основные понятия теории устойчивости. Анализ основных свойств линейных систем автоматического управления. Определение понятия «устойчивости» динамических систем. Свободная и вынужденная составляющая переходного процесса в САУ. Характеристическое управление САУ.</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>Устойчивость САУ по Ляпунову. Связь корней характерно-стического уравнения с устойчивостью</p> <p>Теорема Ляпунова.</p> <p>Тема 8. Критерии устойчивости.</p> <p>Понятие критерия устойчивости.</p> <p>Алгебраические критерии устойчивости САУ: критерии Гурвица и Рауса. Частотные критерии устойчивости.</p> <p>Принцип аргумента. Критерий Михайлова. Следствие из критерия Михайлова. Критерий Найквиста. Логарифмический критерий устойчивости.</p> <p>Устойчивость САУ с чистым запаздыванием.</p> <p>Запасы устойчивости по модулю и фазе. D-разбиение.</p> <p>Понятия структурно-устойчивых и структурно <math>\square</math> неустойчивых систем.</p> <p>Тема 9. Качество переходных процессов САУ. Понятие о качестве переходных процессов в линейных САУ. Основные по-казатели качества переходных процессов: точность управления, время переход-ного процесса, перерегулирование.</p> <p>Классификация методов оценки качества процессов.</p> <p>Прямые методы оценки качества САУ: методы решения дифферен-циальных уравнений; операторный метод, метод цифрового и аналогового мо-делирования.</p> <p>Тема 10. Косвенные методы определения качества САУ.</p> <p>Особенности косвенных методов оценки качества регулирования систем. Корневой метод. Диаграмма Вышнеградского. Частотный метод оценки качества. Преобразование Фурье как основа частного метода. Понятие обобщенной вещественной частотной характеристики. Применение</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>частотного метода в качестве прямого метода оценки качества управления. Построение переходных процессов по вещественной частотной характеристике (метод Солодовникова). Косвенная оценка показателей качества регулирования по виду вещественной характеристики. Интегральные методы оценки качества САУ.</p> <p>Тема 11. Статические и астатические САУ. Определение статических и астатических систем автоматического управления. Теорема о предельном (конечном) значении функции. Определения статической и астатической систем по каналам управления и возмущения. Степень астатизма САУ.</p> <p>Точность САУ по каналу задания и возмущения при различных видах входных воздействий. для различны. Понятие инвариантности и чувствительности САУ</p>				
ИТОГО по 5-му семестру	36	36	14	54
6-й семестр				
Основы теории нелинейных систем автоматического управления	8	12	2	10
<p>Тема 17. Особенности нелинейных систем управления.</p> <p>Описание нелинейных систем. Особенности нелинейных систем автоматического управления.</p> <p>Нелинейные модели. Модели нелинейных систем в форме Коши. Условия линеаризации нелинейных систем. Применение численных методов исследования нелинейных САУ. Представление нелинейных систем в виде нейронной сети. Классификация нелинейных САУ. Правила преобразования структурных схем</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>нелинейных САУ  Тема 18. Методы исследования нелинейных систем.  Устойчивость не-линейных систем автоматического управления.  Задачи исследования нелинейных систем. Анализ равновесных режимов. Метод фазовых траекторий для исследования нелинейных систем. Свойства фазовой плоскости. Анализ поведения СУ на фазовой плоскости. Метод гармонической линеаризации. Применение метода гармонической линеаризации для определения параметров автоколебаний в нелинейной САУ. Критерий Гольдфарба. Метод припасовывания. Особенности устойчивости движения динамических нелинейных систем автоматического управления. Понятие абсолютной устойчивости, устойчивости в малом, устойчивости в большом, режима автоколебаний. Устойчивость положений равновесия: Первый и второй методы Ляпунова. Применение приближенных методов для определения устойчивости не-линейных САУ. Исследование периодических режимов методом гармонического баланса. Частотный метод исследования абсолютной устойчивости. Критерий Попова для определения абсолютной устойчивости нелинейных САУ.  Тема 19. Методы синтеза нелинейных систем автоматического управления. Особенности синтеза нелинейных систем. Метод компенсации нелинейных характеристик. Влияние гибких обратных связей. Частотный метод синтеза</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
нелинейных систем автоматического управления. Особенности синтеза релейных САУ. Связь показателей качества релейных следящих систем с их фазовыми траекториями. Скользящие режимы. Применение вычислительных средств для исследования и проектирования нелинейных САУ				
Анализ и синтез линейных дискретных систем автоматического управления	10	12	4	10
Тема 14. Методы описания дискретных сигналов и систем. Классификация дискретных систем автоматического управления. Способы квантования непрерывных сигналов. Импульсные, релейные и цифровые САУ, Виды модуляции. Импульсный элемент. Теорема Котельникова-Шеннона для определения шага квантования. Математическое описание дискретных сигналов: разностные уравнения, решетчатые функции. Понятие дискретного преобразования Лапласа. Z- преобразование. Теоремы Z $\leftrightarrow$ преобразования. Линейные дискретные модели систем автоматического управления. Понятие дискретной передаточной функции (ДПФ). Прямые методы расчета ДПФ. Приближенные методы расчета ДПФ. Понятие фиксирующего элемента. Математическое описание фиксатора. Структурные дискретных САУ. Способы преобразования структурных схем. Применение метода пространства состояний дискретных и дискретно-непрерывных систем. Уравнение переходных состояния. Тема 15. Устойчивость дискретных систем. Анализ устойчивости дискретных систем				

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>автоматического управления. Геометрическая интерпретация устойчивости дискретных систем.</p> <p>Критерий Шур-Кона. Применение критериев Гурвица, Михайлова и Найквиста для устойчивости дискретных САУ.</p> <p>Тема 16. Методы синтеза дискретных систем автоматического управления.</p> <p>Определение показателей качества в дискретных системах автоматического управления. Понятие цифровых САУ. Структурная и функциональная схема цифровых систем автоматического управления. Особенности синтеза цифровых САУ.</p> <p>Цифровой регулятор оптимальный по быстродействию. Метод переменного коэффициента управления. Синтез апериодического цифрового регулятора.</p>				
ИТОГО по 6-му семестру	18	24	6	20
7-й семестр				
Синтез и анализ САУ средствами CONTROL SYSTEM TOOLBOX, SISO DESIGN TOOLBOX	0	4	4	10
<p>Тема 22. Специализированные программные средства.</p> <p>Прикладная программная среда Control System Toolbox. Основное назначение, операторы и функции.</p> <p>Прикладная программная среда SISO Design System Toolbox. Основное назначение, операторы и функции.</p> <p>Синтез и исследование САУ с помощью Control System Toolbox и SISO Design ToolBox</p>				
Оптимальное управление	0	2	2	10
<p>Тема 21. Оптимальные и адаптивные системы автоматического управления.</p> <p>Общая характеристика и классификация оптимального управления. Задача оптимального управления. Понятия критерия оптимальности. Методы оптимального управления: вариационное исчисление,</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
принцип максимума Понтрягина и динамическое программирование. Системы оптимальные по быстродействию. Системы оптимальные по критериям расхода ресурсов и расхода энергии. Аналитическое конструирование оптимальных регуляторов. Робастные системы и адаптивное управление. Адаптивные САУ. Классификация адаптивных САУ. Поисковые адаптивные САУ. Методы Гаусса-Зейделя, наискорейшего спуска - как основа алгоритма адаптации в поисковых системах. Беспойсковые адаптивные системы.				
Стохастические САУ	0	4	4	10
Тема 19 Случайные сигналы и процессы. Случайные процессы в системах. Математическое описание случайных сигналов. Основные характеристики случайных процессов; среднее значение, дисперсия. Гипотеза эргодичности. Марковские случайные процессы. Корреляционные функции и их свойства. Спектральная плотность и ее свойства. Типовые случайные процессы: «белый шум», «цветной шум», случайный ступенчатый сигнал и случайный сигнал со скрытой периодической составляющей. Взаимная корреляционная функции и их свойства. Взаимная спектральная плотность и ее свойства. Тема 20. Методы анализа и синтеза линейных стохастических систем. Прохождение случайных сигналов через линейные звенья. Преобразование случайного сигнала линейной системой во временной и частотной области. Анализ и синтез линейных стохастических систем при стационарных случайных воздействиях. Вычисление и минимизация дисперсии сигнала ошибки замкнутой системы. Синтез линейных САУ по минимуму среднеквадратичного отклонения. Использование программных средств SIMULINK для анализа и синтеза стохастических систем.				
Инженерные методы настройки типовых регуляторов	0	4	4	32
Тема 18. Инженерные методы настройки				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
типовых регуляторов. Особенности инженерных методов настройки. Экспериментальные и расчетные методы настройки типовых регуляторов. Метод Циглера-Никольса. Настройка на амплитудный оптимум. Метод Куна. Метод, основанный на реакции на ступенчатое воздействие. Методы AMIGO, Копеловича, Стогестада, Шедела				
Метод корневого годографа	0	2	2	10
Тема 18. Метод корневого годографа Корневые методы оценки качества. Метод корневого годографа. Особенности применения метода корневого годографа при настройке типовых регуляторов. Использование программных средств CONTROL SYSTEM TOOLBOX для синтеза САУ методом корневого годографа.				
ИТОГО по 7-му семестру	0	16	16	72
ИТОГО по дисциплине	54	76	36	146