

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Ястребов Олег Александрович
Должность: Ректор
Дата подписания: 28.05.2026 12:52:37
Уникальный программный ключ:
ca953a0120d891083f939673078ef1a989dae18a

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»**

Инженерная академия

(наименование основного учебного подразделения (ОУП) – разработчика ОП ВО)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

(наименование дисциплины/модуля)

Рекомендована МССН для направления подготовки/специальности:

27.03.04 УПРАВЛЕНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

(код и наименование направления подготовки/специальности)

Освоение дисциплины ведется в рамках реализации основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОП ВО):

DATA ENGINEERING, ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ

(наименование (профиль/специализация) ОП ВО)

1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Теория автоматического управления» входит в программу бакалавриата «Data Engineering, интеллектуальные системы и кибербезопасность» по направлению 27.03.04 «Управление в технических системах» и изучается в 5, 6 семестрах 3 курса. Дисциплину реализует Кафедра механики и процессов управления. Дисциплина состоит из 10 разделов и 76 тем и направлена на изучение фундаментальных основ математических моделей и динамических характеристик линейных стационарных систем автоматического регулирования, устойчивость линейных систем, качества систем автоматического регулирования, коррекции систем автоматического регулирования, математические модели нелинейных детерминированных систем, устойчивость нелинейных систем, исследования случайных процессов в системах автоматического регулирования, синтеза систем автоматического управления и оптимизации, исследования дискретных систем автоматического управления, нестационарных систем, общих сведений, разбор основных методов решения типовых задач и знакомство с областью их применения в профессиональной деятельности.

Целью освоения дисциплины является формирование фундаментальных знаний и навыков применения методов решения задач, необходимых для профессиональной деятельности, повышение общего уровня грамотности студентов по данной дисциплине.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Теория автоматического управления» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций (части компетенций):

Таблица 2.1. Перечень компетенций, формируемых у обучающихся при освоении дисциплины (результаты освоения дисциплины)

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
ОПК-6	Способен разрабатывать и использовать алгоритмы и программы, современные информационные технологии, методы и средства контроля, диагностики и управления, пригодные для практического применения в сфере своей профессиональной деятельности	ОПК-6.1 Знает основные алгоритмы и программы, современные информационные технологии, методы и средства контроля, диагностики и управления, пригодные для практического применения в сфере своей профессиональной деятельности; ОПК-6.2 Умеет применять алгоритмы и программы, современные информационные технологии, методы и средства контроля, диагностики и управления, пригодные для практического применения в сфере своей профессиональной деятельности; ОПК-6.3 Уверенно владеет алгоритмами и и программами, современными информационными технологиями, методами и средствами контроля, диагностикой и управлением, пригодными для практического применения в сфере своей профессиональной деятельности;
ПК-2	Способен участвовать в составлении аналитических обзоров и научно-технических отчетов по результатам выполненной работы, в подготовке публикаций по результатам исследований и разработок	ПК-2.1 Знает основные подходы к проведению аналитических обзоров и созданию научно-технических отчетов по результатам исследований и разработок; ПК-2.2 Имеет навыки подготовки аналитических обзоров, научно-технических отчетов, публикаций по результатам исследований; ПК-2.3 Участвует в составлении аналитических обзоров и научно-технических отчетов, отчетов по результатам исследований и разработок;
ПК-6	Способен участвовать в подготовке технико-экономического обоснования проектов создания систем и средств автоматизации и управления техническими проектами гражданской тематики	ПК-6.1 Знает способы реализации основных технологических процессов; закономерности построения автоматизированных и автоматических производственных процессов; способы подготовки технико-экономического обоснования проектов создания систем и средств автоматизации и управления; ПК-6.2 Умеет рационально выбирать различные варианты средств автоматизации, в том числе и

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
		<p>вспомогательных, проектировать системы автоматизации с использованием микропроцессорной техники; выполнять работы по автоматизации технологических процессов и производств их обеспечению средствами автоматизации и управления; использовать современные методы и средства автоматизации, контроля, диагностики, испытаний;;</p> <p>ПК-6.3 Владеет способами реализации основных технологических процессов; навыками к практическому освоению и совершенствованию систем автоматизации производственных и технологических процессов, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами; навыками разработок обобщенных вариантов решения проблем, связанных с автоматизацией производств, выборе на основе анализа вариантов оптимального, прогнозировании последствий решения;</p>

3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Теория автоматического управления» относится к обязательной части блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы высшего образования.

В рамках образовательной программы высшего образования обучающиеся также осваивают другие дисциплины и/или практики, способствующие достижению запланированных результатов освоения дисциплины «Теория автоматического управления».

Таблица 3.1. Перечень компонентов ОП ВО, способствующих достижению запланированных результатов освоения дисциплины

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
ОПК-6	Способен разрабатывать и использовать алгоритмы и программы, современные информационные технологии, методы и средства контроля, диагностики и управления, пригодные для практического применения в сфере своей профессиональной деятельности	Информатика и программирование; Механика космического полета;	Применение технологий искусственного интеллекта в механике и процессах управления; Преддипломная практика;
ПК-2	Способен участвовать в составлении аналитических обзоров и научно-технических отчетов по результатам выполненной работы, в подготовке публикаций по результатам исследований и разработок		Научно-исследовательская работа; Преддипломная практика;
ПК-6	Способен участвовать в подготовке технико-экономического обоснования проектов создания систем и средств автоматизации и управления техническими проектами гражданской тематики		Научно-исследовательская работа; Проектная практика; Технологическая практика; Преддипломная практика; Основы проектирования робототехнических систем;

* - заполняется в соответствии с матрицей компетенций и СУП ОП ВО

** - элективные дисциплины /практики

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Теория автоматического управления» составляет «9» зачетных единиц

Таблица 4.1. Виды учебной работы по периодам освоения образовательной программы высшего образования для очной формы обучения.

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.		Семестр(-ы)	Семестр(-ы)
			5	6
Контактная работа, ак.ч	144		72	72
Лекции (ЛК)	72		36	36
Лабораторные работы (ЛР)	72		36	36
Практические/семинарские занятия (СЗ)	0		0	0
Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.	126		45	81
Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.	54		27	27
Общая трудоемкость дисциплины ак.ч.	ак.ч.	324	144	180
	зач.ед.	9	4	5

Общая трудоемкость дисциплины «Теория автоматического управления» составляет «9» зачетных единиц

Таблица 4.2. Виды учебной работы по периодам освоения образовательной программы высшего образования для заочной формы обучения.

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.		Семестр(-ы)	Семестр(-ы)	Семестр(-ы)
			7	8	9
Контактная работа, ак.ч	36		12	12	12
Лекции (ЛК)	18		6	6	6
Лабораторные работы (ЛР)	18		6	6	6
Практические/семинарские занятия (СЗ)	0		0	0	0
Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.	275		96	92	87
Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.	13		0	4	9
Общая трудоемкость дисциплины ак.ч.	ак.ч.	324	108	108	108
	зач.ед.	9	3	3	3

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 5.1. Содержание дисциплины (модуля) по видам учебной работы*

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
Раздел 1	Математические модели и динамические характеристики линейных стационарных систем автоматического регулирования	1.1	Введение. Аппарат теории автоматического управления. Понятия: оптимизация, регулирование, коррекция.	Предмет и задачи теории автоматического управления. Основные понятия: оптимизация как обеспечение наилучшего качества управления; регулирование как поддержание заданного режима; коррекция как целенаправленное изменение свойств системы для улучшения её характеристик.	ЛК, ЛР
		1.2	Общая структурная схема САУ.	Основные элементы: объект управления, управляющее устройство, датчики обратной связи, сравнивающее устройство. Понятия задающего воздействия, управляемого сигнала, ошибки управления, возмущения. Замкнутые и разомкнутые системы.	ЛК, ЛР
		1.3	Классификация САУ, в том числе статические и астатические.	Классификация по назначению, по виду управляющего воздействия, по характеру изменения задающего сигнала. Статические системы: наличие ошибки в установившемся режиме при постоянном воздействии. Астатические системы: отсутствие установившейся ошибки при постоянном воздействии (интеграторы в контуре).	ЛК, ЛР
		1.4	Получение математических моделей. Методика составления уравнений "вход-выход". Входные сигналы.	Построение математического описания на основе физических законов. Уравнение динамики в форме «вход-выход» (связь между управляющим и выходным сигналом). Типовые входные сигналы: ступенчатый, импульсный, гармонический, линейно-нарастающий.	ЛК, ЛР
		1.5	Линеаризация уравнений САУ. Принцип суперпозиции.	Линеаризация нелинейных уравнений в окрестности рабочей точки: разложение в ряд Тейлора и отбрасывание нелинейных членов. Принцип суперпозиции (независимости действия сигналов) как следствие линейности. Область применимости линеаризованных моделей.	ЛК, ЛР
		1.6	Преобразование Фурье. Понятие частотной характеристики. Использование частотных характеристик для определения реакции САУ. Экспериментальное определение.	Преобразование Фурье как переход от временного представления сигнала к частотному. Частотная характеристика как реакция системы на гармонический сигнал. Использование частотных характеристик для расчёта установившегося отклика. Экспериментальное снятие частотных характеристик.	ЛК, ЛР
		1.7	Преобразование Лапласа. Свойства преобразования Лапласа.	Определение преобразования Лапласа. Переход от функций времени к функциям комплексной переменной. Основные свойства: линейность, дифференцирование оригинала, интегрирование оригинала, теорема запаздывания, теорема о свёртке.	ЛК, ЛР
		1.8	Понятие передаточной функции. Понятие ЛАХ. Связь ЧХ и ПФ ("s", "jw", "p").	Передаточная функция как отношение изображений выходного и входного сигналов при нулевых начальных условиях. Логарифмические амплитудно-частотные характеристики: построение в логарифмическом масштабе. Связь между частотной характеристикой и передаточной функцией.	ЛК, ЛР
		1.9	Типовые структурные звенья САУ. Пример вывода ПФ	Базовые звенья: пропорциональное (усилительное), интегрирующее, дифференцирующее, апериодическое (инерционное), колебательное. Вывод передаточной функции апериодического звена из дифференциального уравнения	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
			апериодического звена	первого порядка.	
		1.10	Структурные преобразования схем ЛСС. Примеры. Виды ПФ (замкнутая, по ошибке).	Правила преобразования структурных схем: последовательное, параллельное соединение, соединение с обратной связью. Передаточная функция замкнутой системы. Передаточная функция по ошибке (связь ошибки с задающим воздействием).	ЛК, ЛР
		1.11	Колебательное звено - свойства. Общая таблица свойств типовых ПФ.	Характеристики колебательного звена: параметры (коэффициент демпфирования, собственная частота). Временные и частотные характеристики. Сводная таблица свойств типовых звеньев: передаточные функции, переходные функции, частотные характеристики.	ЛК, ЛР
		1.12	Построение ЧХ, ЛАХ соединений типовых структурных звеньев.	Построение частотных характеристик для последовательного, параллельного соединений и соединения с обратной связью. Построение логарифмических амплитудно-частотных характеристик как суммы характеристик отдельных звеньев. Асимптотические аппроксимации.	ЛК, ЛР
		1.13	Интеграл Дюамеля. Связь ИПФ с ЧХ и ПФ.	Интеграл Дюамеля (интеграл свёртки) как способ вычисления реакции системы на произвольное воздействие. Импульсная переходная функция (весовая функция) как реакция на единичный импульс. Связь импульсной переходной функции с передаточной функцией и частотной характеристикой.	ЛК, ЛР
		1.14	Описание САР в пространстве состояний. Матрица перехода, свойства. Канонические формы,	Представление системы в виде совокупности дифференциальных уравнений первого порядка. Вектор состояния, матрицы системы, входа, выхода. Матрица перехода (экспоненциал матрицы), её свойства. Управляемая, наблюдаемая, жорданова канонические формы.	ЛК, ЛР
Раздел 2	Устойчивость линейных систем	2.1	Понятие устойчивости САР. Необходимое и достаточное условие устойчивости. Свойства. Принцип аргумента.	Определение устойчивости по Ляпунову: ограниченность реакции на ограниченное воздействие. Необходимое и достаточное условие: все полюсы передаточной функции должны иметь отрицательные действительные части. Принцип аргумента (изменение аргумента характеристического полинома при движении по контуру).	ЛК, ЛР
		2.2	Частотные критерии устойчивости. Критерий Михайлова. Критерий Найквиста-Михайлова.	Критерий Михайлова: построение годограма характеристического полинома; устойчивость, если годограф последовательно обходит заданное число квадрантов. Критерий Найквиста-Михайлова: оценка устойчивости замкнутой системы по частотной характеристике разомкнутой системы.	ЛК, ЛР
		2.3	Модификация критерия Найквиста-Михайлова для астатических систем.	Особенности применения критерия Найквиста для систем с интеграторами (астатических систем). Правило дополнения годографа дугой бесконечного радиуса. Определение устойчивости для систем с астатизмом различного порядка.	ЛК, ЛР
		2.4	Границы применимости методов оценки с помощью частотных критериев.	Ограничения частотных критериев: применимость только для линейных стационарных систем; требование минимально-фазовости для упрощённых формулировок; сложность применения при наличии запаздывания.	ЛК, ЛР
		2.5	Запас устойчивости.	Понятие запаса устойчивости как количественной меры удалённости системы от границы устойчивости. Запас по амплитуде и запас по фазе. Определение по логарифмическим частотным характеристикам. Рекомендуемые значения запасов.	ЛК, ЛР
		2.6	Аналитические критерии устойчивости: критерий Гурвица, Рауса, Зубова	Критерий Гурвица: проверка положительности всех главных диагональных миноров матрицы Гурвица. Критерий Рауса: построение таблицы Рауса и проверка знаков первого столбца. Критерий Зубова для дискретных систем.	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
		2.7	Границы применимости методов оценки с помощью аналитических критериев.	Применимость для систем невысокого порядка (алгебраические критерии становятся громоздкими). Требование наличия характеристического полинома. Неприменимость для систем с запаздыванием.	ЛК, ЛР
		2.8	Влияние параметров САР на устойчивость: D-разбиение, корневой годограф.	D-разбиение: метод построения областей устойчивости в пространстве параметров. Корневой годограф: траектории движения полюсов замкнутой системы при изменении параметра (коэффициента усиления). Использование корневого годографа для выбора параметров.	ЛК, ЛР
Раздел 3	Качество систем автоматического регулирования	3.1	Понятие качества САР. Первичные показатели качества.	Определение качества как совокупности характеристик переходного процесса. Первичные (прямые) показатели: время регулирования, перерегулирование, колебательность, число перерегулирований, время нарастания, установившаяся ошибка.	ЛК, ЛР
		3.2	Частотные и интегральные методы оценки качества.	Частотные методы: связь показателей качества с видом частотных характеристик (показатель колебательности, резонансный пик, частота среза). Интегральные методы: линейные и квадратичные интегральные оценки качества (интеграл от модуля ошибки, интеграл от квадрата ошибки).	ЛК, ЛР
		3.3	Связь частотных характеристик с переходной функцией.	Взаимосвязь временных и частотных описаний через интегралы Фурье и Лапласа. Влияние низкочастотной, среднечастотной и высокочастотной областей частотной характеристики на вид переходного процесса.	ЛК, ЛР
		3.4	Способность отработки сигналов как оценка качества САР. Коэффициенты ошибки. Способы вычисления коэффициентов ошибки. Влияние астатизма на коэффициенты ошибки и установившуюся ошибку.	Коэффициенты ошибки как разложение передаточной функции по ошибке в ряд по степеням комплексной переменной. Вычисление коэффициентов ошибки через производные передаточной функции. Влияние порядка астатизма на установившуюся ошибку при полиномиальных воздействиях.	ЛК, ЛР
Раздел 4	Коррекция систем автоматического регулирования	4.1	Синтез САР. Основы синтеза.	Задача синтеза (проектирования) системы с заданными показателями качества. Выбор структуры и параметров регулятора. Соотношение требований устойчивости, точности и качества переходных процессов.	ЛК, ЛР
		4.2	Виды синтеза САР (структурный, параметрический).	Структурный синтез: выбор принципа построения системы, типа регулятора, места включения корректирующих звеньев. Параметрический синтез: расчёт числовых значений параметров регулятора.	ЛК, ЛР
		4.3	Подходы к коррекции САР.	Коррекция последовательными звеньями, параллельными звеньями, с помощью обратных связей. Локальные и глобальные обратные связи. Достоинства и недостатки различных подходов.	ЛК, ЛР
		4.4	Метод желаемой ЛАХ Солодовникова. Алгоритм синтеза, связь частотной характеристики и первичных показателей качества для минимальнофазовых	Построение желаемой логарифмической амплитудно-частотной характеристики, обеспечивающей требуемые показатели качества. Алгоритм: определение низкочастотной, среднечастотной и высокочастотной областей. Связь частоты среза с временем регулирования и перерегулированием.	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
			звеньев.		
		4.5	ПИД-регулятор. Типовые звенья коррекции.	Структура ПИД-регулятора: пропорциональная, интегрирующая и дифференцирующая составляющие. Влияние каждой составляющей на свойства системы. Типовые корректирующие звенья: форсирующее, интегро-форсирующее, инерционное.	ЛК, ЛР
		4.6	Теория чувствительности. Понятие инвариантности.	Чувствительность системы к изменению параметров. Функции чувствительности. Инвариантность как свойство независимости выходной переменной от возмущений. Принципы комбинированного управления для обеспечения инвариантности.	ЛК, ЛР
Раздел 5	Математические модели нелинейных детерминированных систем	5.1	Понятие нелинейных систем. Типовая структурная схема нелинейной системы. Виды нелинейных элементов.	Отличие нелинейных систем от линейных: нарушение принципа суперпозиции, возможность автоколебаний, зависимость свойств от амплитуды сигнала. Типовые нелинейности: релейные, зона нечувствительности, насыщение, люфт, сухое трение.	ЛК, ЛР
		5.2	Понятие фазовой плоскости. Построение фазовых диаграмм, метод припасовывания.	Фазовая плоскость для систем второго порядка: координата и её производная. Фазовые траектории. Метод припасовывания: аналитическое решение на участках и сшивка решений при переключениях.	ЛК, ЛР
		5.3	Построение линий переключения. Скользящий режим. Метод изоклин. Влияние обратной связи на линии переключения в релейной системе.	Линии переключения как геометрическое место точек смены структуры системы. Скользящий режим: движение вдоль линии переключения. Метод изоклин для приближённого построения фазовых траекторий. Влияние обратной связи на наклон линий переключения.	ЛК, ЛР
		5.4	Мнимые линии переключения, правило построения. Учёт чистого запаздывания.	Понятие минимых (мнимых) линий переключения для систем с запаздыванием. Правила графического построения. Влияние чистого запаздывания на фазовый портрет и устойчивость.	ЛК, ЛР
		5.5	Понятие автоколебаний, оценка параметров автоколебаний.	Автоколебания как незатухающие периодические режимы в нелинейных системах. Параметры автоколебаний: амплитуда и частота. Условия возникновения автоколебаний.	ЛК, ЛР
		5.6	Гармоническая линеаризация. Ряд Фурье. Пример прохождения сигналов через нелинейный элемент. Гипотеза фильтра.	Гармоническая линеаризация: замена нелинейного элемента эквивалентным линейным звеном, зависящим от амплитуды. Разложение выходного сигнала нелинейного элемента в ряд Фурье при гармоническом входе. Гипотеза фильтра: предположение о том, что линейная часть подавляет высшие гармоники.	ЛК, ЛР
		5.7	Вывод уравнения линеаризации. Расчёт коэффициентов линеаризации на примере.	Получение коэффициентов гармонической линеаризации для типовых нелинейностей. Расчёт коэффициентов для идеального реле, реле с зоной нечувствительности, насыщения. Пример вычисления.	ЛК, ЛР
Раздел 6	Устойчивость нелинейных систем	6.1	Понятие устойчивости нелинейных систем. Особые режимы движения нелинейных систем.	Особенности устойчивости нелинейных систем: зависимость от начальных условий и амплитуды возмущений. Особые режимы: положения равновесия, предельные циклы (устойчивые и неустойчивые).	ЛК, ЛР
		6.2	Методы оценки	Алгебраические методы: анализ характеристического уравнения линеаризованной	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы	Содержание темы	Вид учебной работы*
		устойчивости цикла автоколебаний: алгебраические, графические.	системы в окрестности цикла. Графические методы: использование годографа Михайлова для оценки устойчивости предельного цикла.	
		6.3 Диаграммы Ламерея. Проверка цикла автоколебаний на устойчивость.	Построение диаграмм Ламерея для дискретных отображений (например, для релейных систем). Определение устойчивости предельного цикла по поведению траекторий вблизи цикла.	ЛК, ЛР
		6.4 Методы оценки устойчивости автоколебаний: использование частотных критериев Михайлова, Найквиста-Михайлова. Аналогии с устойчивостью линейных систем.	Применение критерия Михайлова к гармонически линеаризованной системе. Применение критерия Найквиста для оценки устойчивости предельного цикла по частотной характеристике линейной части и коэффициентам гармонической линеаризации.	ЛК, ЛР
		6.5 Фазовая граница устойчивости. Алгоритм построения.	Понятие фазовой границы устойчивости на плоскости параметров. Алгоритм построения: определение условий возникновения автоколебаний с нулевой частотой или бесконечной амплитудой.	ЛК, ЛР
		6.6 Вынужденное движение нелинейных систем при гармоническом воздействии. Функция смещения. Расширение методики на поиск вынужденного движения произвольного детерминированного сигнала.	Вынужденные периодические режимы в нелинейных системах под действием внешнего гармонического сигнала. Функция смещения для анализа синхронизации. Обобщение на произвольные детерминированные сигналы.	ЛК, ЛР
		6.7 Общие подходы к оценке устойчивости систем. Устойчивость по Ляпунову. Первая метода Ляпунова. Понятие устойчивости в большом, в малом, асимптотической устойчивости.	Определения устойчивости по Ляпунову: устойчивость по отношению к начальным условиям. Первая метода Ляпунова (линеаризация в окрестности положения равновесия). Устойчивость в малом (локальная) и в большом (глобальная). Асимптотическая устойчивость.	ЛК, ЛР
		6.8 Уравнение Ляпунова. Теорема об устойчивости и теорема о неустойчивости.	Вторая метода Ляпунова (прямой метод). Функция Ляпунова (определённо-положительная функция). Уравнение Ляпунова для линейных систем. Теорема Ляпунова об устойчивости (существование функции Ляпунова с отрицательной производной). Теорема Четаева о неустойчивости.	ЛК, ЛР
		6.9 Критерии гиперустойчивости (абсолютной	Абсолютная устойчивость: устойчивость при любой форме нелинейности, принадлежащей заданному классу (например, сектору). Критерий Попова: графическое условие на видоизменённой частотной характеристике линейной части.	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
			устойчивости). Частотный критерий В.М. Попова.		
Раздел 7	Исследование случайных процессов в системах автоматического регулирования	7.1	Понятие случайных величин. Приложение основных характеристик в задачах исследования САР: математическое ожидание, дисперсия, спектральная плотность, корреляция.	Случайные воздействия в системах управления. Математическое ожидание (среднее значение). Дисперсия (мера разброса). Корреляционная функция (связь значений процесса в разные моменты времени). Спектральная плотность мощности (распределение дисперсии по частотам).	ЛК, ЛР
		7.2	Свойства характеристик случайных величин, понятие сигнала "белый шум".	Свойства корреляционной функции и спектральной плотности. Белый шум: процесс с постоянной спектральной плотностью, дельта-образной корреляционной функцией. Идеализация и практическое применение.	ЛК, ЛР
		7.3	Прохождение случайного сигнала через линейную стационарную систему автоматического регулирования. Вывод уравнения связи спектральных плотностей.	Преобразование корреляционной функции и спектральной плотности при прохождении через линейную систему. Связь: спектральная плотность на выходе равна квадрату модуля частотной характеристики, умноженному на спектральную плотность на входе.	ЛК, ЛР
		7.4	Математические модели стохастических САР в пространстве состояний. Дисперсионные уравнения.	Представление стохастических систем в пространстве состояний с добавлением случайных воздействий. Дисперсионные уравнения (уравнения для ковариационной матрицы вектора состояния) – уравнение Ляпунова для стохастических систем.	ЛК, ЛР
		7.5	Формирующий фильтр. Примеры применения.	Формирующий фильтр как линейная система, преобразующая белый шум в случайный процесс с заданной спектральной плотностью. Построение формирующих фильтров для типовых корреляционных функций (экспоненциальной, колоколообразной).	ЛК, ЛР
		7.6	Методы исследования нелинейных САР при случайных воздействиях. Подходы к статистической линеаризации.	Статистическая линеаризация: замена нелинейного элемента эквивалентным линейным звеном, параметры которого выбираются из условия минимизации ошибки аппроксимации по вероятностным характеристикам.	ЛК, ЛР
		7.7	Сравнение методов статистической линеаризации. Экселби, Бутон (Казаков), Пупков.	Различные подходы к статистической линеаризации: по критерию минимума дисперсии ошибки, по методу наименьших квадратов, методы Казакова и Пупкова. Сравнение точности и области применимости.	ЛК, ЛР
		Раздел 8	Синтез систем автоматического управления. Оптимизация.	8.1	Модальное управление. Методы назначения корней.
8.2	Наблюдающие устройства.			Наблюдатель как динамическая система, восстанавливающая вектор состояния по измеряемым выходным переменным. Наблюдатель полного и пониженного порядка. Принцип разделимости.	ЛК, ЛР
8.3	Методы оптимизации			Постановка задачи оптимизации управления. Функционал качества как количественная	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
			систем автоматического управления. Понятие функционала качества.	мера эффективности управления. Примеры функционалов: интеграл от квадрата ошибки, от квадрата управляющего сигнала, энергетические функционалы.	
		8.4	Классическое вариационное исчисление. Применение уравнений Лагранжа для оптимизации.	Задачи вариационного исчисления в теории управления. Уравнение Эйлера-Лагранжа как необходимое условие экстремума функционала. Применение для задач с фиксированными границами.	ЛК, ЛР
		8.5	Принцип максимума Понтрягина.	Принцип максимума для задач оптимального управления с ограничениями на управление. Функция Гамильтона. Необходимое условие оптимальности: максимизация функции Гамильтона по управлению.	ЛК, ЛР
		8.6	Применение подходов при фиксированном и не фиксированном времени управления. Уравнение трансверсальности.	Особенности задач с фиксированным и свободным временем окончания процесса. Уравнение трансверсальности для граничных условий на свободных концах траектории.	ЛК, ЛР
		8.7	Пример оптимизации управления (Брахистохрона).	Классическая задача брахистохроны как задача оптимального управления. Постановка, вывод условий оптимальности, решение.	ЛК, ЛР
		8.8	Метод динамического программирования. Уравнение Гамильтона-Якоби-Беллмана.	Динамическое программирование для непрерывных систем. Принцип оптимальности Беллмана. Уравнение Гамильтона-Якоби-Беллмана в частных производных.	ЛК, ЛР
		8.9	Методы стохастической оптимизации. Задача Винера. Фильтра Калмана. Принцип разделимости.	Задача оптимальной линейной фильтрации (Винера). Фильтр Калмана: рекуррентный алгоритм оценивания состояния для линейных стохастических систем. Принцип разделимости для задач стохастического управления: оптимальное управление и оптимальная фильтрация решаются независимо.	ЛК, ЛР
		8.10	Задача АКОР (аналитическое конструирование оптимальных регуляторов).	Постановка задачи аналитического конструирования оптимальных регуляторов для линейных систем с квадратичным функционалом качества. Решение через уравнение Риккати. Линейно-квадратичный регулятор.	ЛК, ЛР
Раздел 9	Исследование дискретных систем автоматического управления	9.1	Дискретные САУ. Типы квантования: квантование по уровню, по значению	Дискретные системы: сигналы определены только в дискретные моменты времени. Квантование по времени (дискретизация по времени). Квантование по уровню (амплитудное квантование).	ЛК, ЛР
		9.2	Пространство состояний и модели непрерывно-дискретных систем.	Описание систем, содержащих как непрерывные, так и дискретные компоненты (цифровые регуляторы, аналого-цифровые преобразователи). Дискретизация непрерывных моделей.	ЛК, ЛР
		9.3	Типовые звенья дискретных САУ. Влияние экстраполятора. Сравнение реакции на типовые воздействия непрерывных	Экстраполяторы (фиксаторы) – формирователи дискретного сигнала. Типовые дискретные звенья: дискретный интегратор, дискретное апериодическое звено. Сравнение переходных процессов в непрерывной и дискретной системах.	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы	Содержание темы	Вид учебной работы*	
			и дискретных систем.		
		9.4	Особенности математического моделирования дискретных систем. Различие импульсных и дискретных систем.	Импульсные системы: квантование по времени с сохранением значения на интервале (амплитудно-импульсная модуляция). Чисто дискретные системы: сигналы определены только в моменты времени.	ЛК, ЛР
		9.5	Теорема Котельникова. Эффект транспонирования частот.	Условия восстановления непрерывного сигнала по его дискретным отсчётам: частота дискретизации должна быть не менее удвоенной максимальной частоты в спектре сигнала. Эффект наложения спектров (алиасинг, транспонирование частот).	ЛК, ЛР
		9.6	Передаточная функция дискретных систем.	Определение дискретной передаточной функции как отношения Z-изображений выходного и входного сигналов. Передаточная функция разомкнутой и замкнутой дискретной системы.	ЛК, ЛР
		9.7	Прямое и обратное Z-преобразование.	Z-преобразование как аналог преобразования Лапласа для дискретных сигналов. Определение прямого и обратного Z-преобразования. Таблица основных Z-преобразований.	ЛК, ЛР
		9.8	Прямое и обратное w-преобразование.	Билинейное преобразование (w-преобразование): отображение единичной окружности Z-плоскости на мнимую ось W-плоскости. Использование w-преобразования для применения частотных критериев устойчивости к дискретным системам.	ЛК, ЛР
		9.9	Применение методов исследования линейных стационарных непрерывных систем для случая дискретных САУ: оценка устойчивости, коррекция, оптимизация.	Критерии устойчивости для дискретных систем: условие расположения полюсов внутри единичной окружности. Критерий Шура-Кона. Частотный критерий Найквиста для дискретных систем. Коррекция и оптимизация дискретных систем.	ЛК, ЛР
Раздел 10	Нестационарные системы, общие сведения.	10.1	Нестационарные системы автоматического регулирования. Методы описания, подходы к исследованию.	Нестационарные системы: параметры системы зависят от времени. Методы описания: дифференциальные уравнения с переменными коэффициентами. Подходы к исследованию: метод замороженных коэффициентов (для медленно меняющихся параметров), методы Ляпунова, численные методы.	ЛК
		10.2	Построение динамических характеристик нестационарных систем	Особенности построения временных и частотных характеристик для нестационарных систем (зависимость характеристик от момента приложения сигнала). Переходные функции для нестационарных систем. Импульсные переходные функции как функции двух переменных.	ЛК

* - заполняется только по ОЧНОЙ форме обучения: ЛК – лекции; ЛР – лабораторные работы; СЗ – практические/семинарские занятия.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 6.1. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Тип аудитории	Оснащение аудитории	Специализированное учебное/лабораторное оборудование, ПО и материалы для освоения дисциплины (при необходимости)
Лекционная	Аудитория для проведения занятий лекционного типа, оснащенная комплектом специализированной мебели; доской (экраном) и техническими средствами мультимедиа презентаций.	
Лаборатория	Аудитория для проведения лабораторных работ, индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная комплектом специализированной мебели и оборудованием.	Персональный компьютер с установленным программным обеспечением MATLAB (с пакетом Simulink), пакет Control Toolbox
Компьютерный класс	Компьютерный класс для проведения занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная персональными компьютерами (в количестве ____ шт.), доской (экраном) и техническими средствами мультимедиа презентаций.	Персональный компьютер с установленным программным обеспечением MATLAB (с пакетом Simulink) пакет Control Toolbox
Для самостоятельной работы	Аудитория для самостоятельной работы обучающихся (может использоваться для проведения семинарских занятий и консультаций), оснащенная комплектом специализированной мебели и компьютерами с доступом в ЭИОС.	

* - аудитория для самостоятельной работы обучающихся указывается **ОБЯЗАТЕЛЬНО!**

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература:

1. Методы классической и современной теории автоматического управления : Учебник в 5-ти т. / Под общ. ред. К.А.Пупкова. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Изд-во МГТУ, 2004. - 656 с.
2. Пупков Константин Александрович. Теория нелинейных систем автоматического регулирования : Учебное пособие для вузов. - Юбилейное издание. - М. : Изд-во РУДН, 2009. - 258 с.
3. Андриевский Б.Р., Фрадков А.Л. Избранные главы теории автоматического управления с примерами на языке MATLAB. - СПб.: Наука, 1999. - 475 с.
4. Солодовников Владимир Викторович. Теория автоматического управления техническими системами : Учебное пособие / В.В.Солодовников, В.Н.Плотников, А.В.Яковлев. - М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 1993. - 492 с.

Дополнительная литература:

1. Пупков Константин Александрович. Современные методы, модели и алгоритмы интеллектуальных систем : Учебное пособие. - М. : ИПК РУДН, 2008. - 154 с.
2. Пупков Константин Александрович. Статистические методы анализа, синтеза и идентификации нелинейных систем автоматического управления : Учебное пособие для вузов / К. А. Пупков, Н. Д. Егупов, А. И. Трофимов; Под ред. Н. Д. Егупова. - М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 1998. - 562 с.
3. Никульчев Е.В. Практикум по теории управления в среде MATLAB: Учебное пособие. - М.: МГАПИ, 2002. - 88 с.
4. Бесекерский Виктор Антонович. Теория систем автоматического регулирования. - М. : Наука, 1966. - 992 с.

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1. ЭБС РУДН и сторонние ЭБС, к которым студенты университета имеют доступ на основании заключенных договоров
- Электронно-библиотечная система РУДН – ЭБС РУДН <http://lib.rudn.ru/MegaPro/Web>

- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://www.biblioclub.ru>
- ЭБС Юрайт <http://www.biblio-online.ru>
- ЭБС «Консультант студента» www.studentlibrary.ru
- ЭБС «Троицкий мост»

2. Базы данных и поисковые системы

- электронный фонд правовой и нормативно-технической документации <http://docs.cntd.ru/>
- поисковая система Яндекс <https://www.yandex.ru/>
- поисковая система Google <https://www.google.ru/>
- реферативная база данных SCOPUS <http://www.elsevier.com/locate/scopus/>

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся при освоении дисциплины/модуля:*

1. Курс лекций по дисциплине «Теория автоматического управления».

* - все учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся размещаются в соответствии с действующим порядком на странице дисциплины **в ТУИС!**

РАЗРАБОТЧИКИ

Доцент

Должность

Анриков Д.А.

Фамилия И.О

РАЗРАБОТЧИКИ

Доцент

Должность

Анриков Д.А.

Фамилия И.О

РУКОВОДИТЕЛЬ БУП

Заведующий кафедрой

Должность

Разумный Ю.Н.

Фамилия И.О

РУКОВОДИТЕЛЬ ОП ВО

Профессор

Должность

Разумный Ю.Н.

Фамилия И.О