

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной  
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 30 » декабря 20 22 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Теория автоматического управления  
(наименование)

**Форма обучения:** очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** бакалавриат  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** 360 (10)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Автоматизация химико-технологических процессов и производств (СУОС)  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Целью дисциплины является формирование системы знаний, умений и владений, необходимых для решения задач анализа и синтеза промышленных систем автоматического управления, характерных для химической отрасли промышленности России.

Задачи дисциплины:

- изучение методологических основ функционирования, моделирования и синтеза систем автоматического управления (САУ); основных методов анализа САУ во временной и частотных областях; способах синтеза САУ; типовых пакетов прикладных программ анализа динамических систем;
- формирование умения проводить анализ систем автоматического управления, оценивать статические и динамические характеристики; рассчитывать основные качественные показатели САУ, выполнять анализ ее устойчивости, синтез регулятора;
- формирование навыков работы с программной системой математического и имитационного моделирования; применения методов теории управления при исследовании и проектировании систем автоматизации и управления в промышленности, навыков представления итогов проведенных экспериментов в ходе системного анализа и моделирования.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты:

- математический аппарат теории автоматического управления;
- методы анализа фундаментальных свойств процессов и систем управления;
- методы синтеза промышленных базовых систем управления;
- среда визуального имитационного и событийно управляемого моделирования.

### 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ОПК-1	ИД-1ОПК-1	- структурный метод анализа базовых систем автоматизации; - методы анализа систем автоматического управления во временной и частотных областях;	Знает основные законы естественнонаучных и инженерных дисциплин, методы математического анализа и моделирования.	Зачет

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ОПК-1	ИД-2ОПК-1	- оценивать статические и динамические характеристики линейных систем управления; - рассчитывать основные качественные показатели функционирования базовых систем автоматизации.	Умеет применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности.	Защита лабораторной работы
ОПК-1	ИД-3ОПК-1	- методами математического и имитационного моделирования при разработке и совершенствовании автоматических систем управления.	Владеет методами естественнонаучных и общинженерных дисциплин.	Защита лабораторной работы
ОПК-13	ИД-1ОПК-13	- методы синтеза линейных автоматических систем управления.	Знает стандартные методы расчета параметров систем автоматизации технологических процессов и производств	Экзамен
ОПК-13	ИД-2ОПК-13	- решать задачи параметрического синтеза типовых алгоритмов регулирования базовых систем автоматизации.	Умеет стандартные методы расчета параметров систем автоматизации технологических процессов и производств	Курсовая работа
ОПК-13	ИД-3ОПК-13	- владеет навыками работы с современными компьютерными средствами анализа и синтезом систем управления; - владеет методами теории управления, применяемыми при исследовании систем автоматизации в промышленности.	Владеет навыками использования современных программных продуктов при разработке систем автоматизации технологических процессов и производств	Курсовая работа

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		5	6
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	153	90	63
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	54	36	18
- лабораторные работы (ЛР)	63	36	27
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	28	14	14
- контроль самостоятельной работы (КСР)	8	4	4
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	171	90	81
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36		36
Дифференцированный зачет	9	9	
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)	18		18
Общая трудоемкость дисциплины	360	180	180

### 4. 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	
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
Общие сведения о теории управления и системах автоматического управления	4	0	0	2
Тема 1. Основные понятия теории управления. Принципы управления. Управление, объект управления, управляемые величины, управляющие и возмущающие воздействия. Автоматическое управление, автоматическое управляющее устройство, система автоматического управления. Объекты управления. Информация и принципы управления (разомкнутые системы управления, компенсация возмущений, системы управления с обратной связью, адаптивное управление). Подсистемы автоматического регулирования. Тема 2. Классификация систем управления. Задачи теории управления. Классификация систем автоматического управления (по типу сигнала, по типу алгоритма, по энергетическому признаку). Автоматизированные системы управления современными технологическими процессами, их структура, виды обеспечения. Примеры реальных систем автоматического управления и регулирования. Задачи теории управления.				
Структурный метод анализа систем управления	8	20	4	24
Тема 3. Основы структурного метода анализа систем управления. Модели систем управления с раскрытой причинно-следственной структурой. Понятие структурной схемы (С-граф). Сигнальные графы. Алгебра передаточных функций. Правила преобразования структурных схем. Структуры автоматических систем. Тема 4. Типовые звенья систем автоматического управления и их динамические характеристики. Определение типового звена системы управления. Статические и динамические характеристики типовых звеньев: пропорционального, интегрирующего, апериодического, идеального и реального дифференцирующего, интегро-дифференцирующего, колебательного и транспортного запаздывания.				
Анализ основных свойств линейных САУ: устойчивость, инвариантность, чувствительность, наблюдаемость	10	0	4	34
Тема 5. Анализ устойчивости линейных систем управления. Устойчивость линейных систем. Определение устойчивости динамической системы. Устойчивость движения и состояния.				

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>Необходимое и достаточное условие устойчивости. Устойчивость по начальным условиям. Асимптотическая устойчивость. Устойчивость вход – выход.</p> <p>Тема 6. Критерии устойчивости линейных систем управления.</p> <p>Критерии устойчивости. Алгебраические и частотные критерии устойчивости (Рауса-Гурвица, Михайлова, Найквиста-Михайлова).</p> <p>Устойчивость типовых структур.</p> <p>Тема 7. Инвариантность и чувствительность линейных систем управления.</p> <p>Определение инвариантности систем управления. Формы инвариантности. Принцип 2-х канальности Петрова реализации инвариантных систем.</p> <p>Чувствительность систем управления. Понятие грубости. Функции чувствительности.</p> <p>Чувствительность систем с типовой структурой.</p> <p>Тема 8. Управляемость и наблюдаемость систем управления.</p> <p>Понятие управляемости и наблюдаемости. Критерии управляемости и наблюдаемости. Принцип дуальности.</p>				
Качество систем автоматического управления	8	0	2	8
<p>Тема 9. Запас устойчивости линейных САУ.</p> <p>Определение доминирующей компоненты процесса управления. Корневые показатели запаса устойчивости. Расширенные частотные характеристики. Обобщенный критерий Найквиста – Дудникова.</p> <p>Гипотеза об эквивалентности свойств замкнутой автоматической системы регулирования и колебательного звена. Оценка запаса устойчивости по частотному показателю колебательности.</p> <p>Диаграмма Холла. Запас устойчивости по модулю и фазе.</p> <p>Тема 10. Качество переходных процессов в линейных системах управления.</p> <p>Вынужденные процессы в линейных системах управления. Точность в установившихся режимах: статическая ошибка, кинетическая ошибка. Метод коэффициентов ошибки.</p> <p>Понятие порядка астатизма системы управления.</p> <p>Структурный признак астатизма.</p> <p>Показатели качества вынужденных процессов управления. Прямые показатели качества.</p> <p>Косвенные критерии качества. Интегральные критерии оценки качества линейных систем управления. Особенности вычисления интегральных оценок качества. Условие минимизации линейного интегрального критерия в</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
базовых системах автоматизации технологических процессов.				
Задачи и методы синтеза линейных систем управления	6	16	4	22
Тема 11. Синтез систем управления минимальной фазы. Задачи синтеза систем управления. Особенности синтеза промышленных АСР. Параметрический синтез системы управления заданной структуры. Постановка задачи синтеза корректирующих элементов автоматических систем. Коррекция автоматических систем включением последовательных и параллельных звеньев. Использование логарифмических частотных характеристик для синтеза систем регулирования. Тема 12. Параметрический синтез промышленных АСР. Задача определения оптимальной настройки регуляторов в одноконтурной АСР. Синтез системы с ПИ – регулятором при ограничении на корневой показатель колебательности. Метод расширенных частотных характеристик. Синтез системы с ПИ – регулятором при ограничении на частотный показатель колебательности. Графоаналитический и компьютерный методы расчета. Приближённые методы расчёта настроек промышленных регуляторов.				
ИТОГО по 5-му семестру	36	36	14	90
6-й семестр				
Основные сведения о дискретных системах управления	5	11	4	13
Тема 13. Основные понятия об импульсных системах управления. Классификация дискретных систем управления. Виды дискретизации сигналов (квантование во времени и по уровню). Примеры дискретных автоматических систем управления. Классификация квантованных во времени сигналов (импульсных сигналов). Аналитическое описание элементов дискретной автоматической системы: управляющая ЭВМ, преобразователи аналоговых сигналов в цифровые и цифровых в аналоговые. Тема 14. Модели импульсных систем управления. Преобразование импульсных сигналов в дискретных системах управления. Преобразование Лапласа для импульсных сигналов. Определение Z-преобразования. Формулы связи Z-преобразования с				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
преобразованием Лапласа для соответствующего непрерывного сигнала. Свойства Z-преобразования. Теорема Котельникова. Обратное Z-преобразование. Теоремы Z-преобразования. Примеры прямого и обратного Z-преобразования. Передаточная функция импульсной системы. Специфика расчета импульсных систем с обратной связью.				
Анализ и синтез дискретных систем управления	2	8	2	28
Тема 15. Устойчивость импульсных систем управления. Устойчивость и качество импульсных СУ. Критерии устойчивости импульсных систем. Переходные процессы в импульсных системах регулирования. Влияние интервала дискретности на устойчивость. Тема 16. Качество работы и задача параметрического синтеза дискретных систем управления. Показатели точности функционирования систем с цифровыми регуляторами. Расчет оптимальных параметров настройки цифровых регуляторов.				
Общие сведения о нелинейных системах управления	5	8	4	20
Тема 17. Определение нелинейной системы управления. Классификация нелинейных систем управления. Определение нелинейной системы. Основные особенности нелинейных систем. Типовые нелинейности, их характеристики. Тема 18. Исследование периодических режимов методом гармонического баланса. Метод гармонической линеаризации нелинейностей. Коэффициенты гармонической линеаризации типовых нелинейностей. Метод гармонического баланса амплитуд и фаз (метод Гольдфарба). Исследование автоколебаний методом гармонического баланса. Тема 19. Анализ поведения нелинейной системы управления на фазовой плоскости. Фазовые портреты нелинейных систем второго порядка. Приближённые и точные методы построения фазовых траекторий. Примеры построения фазовых портретов систем регулирования. Статическая линеаризация нелинейностей, вибрационная линеаризация. Скользящие режимы в нелинейных системах.				
Системы управления при случайных воздействиях	4	0	4	12
Тема 20. Линейные стохастические модели СУ:				

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>модели и характеристики случайных сигналов. Случайные воздействия. Случайный процесс и его основные характеристики. Стационарные случайные процессы: определение стационарных случайных процессов; эргодические случайные процессы; основные свойства корреляционных функций; спектральная плотность и ее связь с корреляционной функцией. Модели случайных воздействий.</p> <p>Тема 21. Прохождение случайных сигналов через линейные звенья; анализ линейных стохастических систем при стационарных случайных воздействиях</p> <p>Преобразование случайного сигнала линейным звеном. Объект управления при случайных воздействиях. Вычисление дисперсии случайного сигнала в системах различного порядка. Постановка задачи синтеза систем при стационарных случайных воздействиях. Расчет оптимальных параметров регуляторов по критерию минимума среднеквадратичной ошибки управления.</p>				
Оптимальные и адаптивные системы управления	2	0	0	8
<p>Тема 22. Задачи оптимального управления. Оптимальные системы управления: задачи оптимального управления, критерии оптимальности; методы теории оптимального управления: классическое вариационное исчисление, принцип максимума, динамическое программирование.</p> <p>Тема 23. Адаптивное управление. Понятие адаптации в системах управления. Структура адаптивных систем управления. Методы адаптации в промышленных системах автоматизации.</p>				
ИТОГО по 6-му семестру	18	27	14	81
ИТОГО по дисциплине	54	63	28	171

### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Определение передаточной функции системы по передаточным функциям её звеньев, эквивалентные преобразования структурных схем.
2	Изучение основ структурного метода анализа систем управления (С, сигнальные графы).
3	Исследования устойчивости непрерывных линейных систем. Критерии устойчивости.

<b>№ п.п.</b>	<b>Наименование темы практического (семинарского) занятия</b>
4	Исследование установившихся режимов непрерывных линейных систем, метод коэффициентов ошибки, структурные признаки астатизма.
5	Решение задачи параметрического синтеза линейных непрерывных систем управления.
6	Вычисление динамических характеристик линейных импульсных систем.
7	Решение задачи параметрического синтеза линейных импульсных систем.
8	Исследование периодических режимов нелинейных систем управления методом гармонического баланса
9	Преобразование случайных сигналов в линейных системах

#### Тематика примерных лабораторных работ

<b>№ п.п.</b>	<b>Наименование темы лабораторной работы</b>
1	Исследование процессов в динамической системе, представленной в виде дифференциального уравнения первого порядка
2	Структурные модели в теории линейных систем
3	Исследование динамических характеристик типовых звеньев АСР
4	Исследование процессов регулирования в системе с одноемкостным объектом и П-, И-регуляторами
5	Исследование процессов регулирования в системе с одноемкостным объектом и ПИ-регулятором
6	Изучение пакета Control System Toolbox системы MATLAB для расчета и исследования систем управления
7	Исследование системы управления с непрерывным и дискретным ПИ регулятором в пакете MATLAB + Simulink
8	Исследование релейных АСР методом гармонической линеаризации

#### Тематика примерных курсовых проектов/работ

<b>№ п.п.</b>	<b>Наименование темы курсовых проектов/работ</b>
1	Синтез автоматической системы стабилизации расхода пропана.
2	Синтез автоматической системы стабилизации плотности битума в экстракционной колонне
3	Синтез автоматической системы стабилизации температуры укрепляющей части ректификационной колонны установки АВТ-5.
4	Синтез автоматической системы стабилизации уровня аммиака в расширительном сосуде аммиачно-холодильной установки.
5	Синтез автоматической системы стабилизации температуры перегретого пара в котельном агрегате.
6	Синтез автоматической системы стабилизации давления в реакторе

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

### 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

## 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Ротач В. Я. Теория автоматического управления : учебник для вузов. 5-е изд., перераб. и доп. Москва : Издат. дом МЭИ, 2008. 394 с. 32,0 усл. печ. л.	15
2	Теория автоматического управления : учебник для вузов / Душин С.Е., Зотов Н.С., Имаев Д.Х., Кузьмин Н.Н., Яковлев В.Б. 2-е изд., перераб. М. : Высш. шк., 2005. 567 с.	46

<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Анхимюк В.Л., Опейко О.Ф., Михеев Н.Н. Теория автоматического управления : учебное пособие для вузов. 2-е изд., испр. Минск : Дизайн ПРО, 2002. 351 с.	92
2	Филлипс Ч, Харбор Р Системы управления с обратной связью : пер. с англ. Москва : Лаборатория Базовых Знаний, 2001. 615 с.	24
3	Шишмарёв В. Ю. Теория автоматического управления : учебник для вузов. Москва : Академия, 2012. 351 с. 22,0 усл. печ. л.	4
<b>2.2. Периодические издания</b>		
	Не используется	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Математические основы теории автоматического управления. В 3 томах. Т.1 : учебное пособие / В. А. Иванов, В. С. Медведев, Б. К. Чемоданов, А. С. Ющенко ; под редакцией Б. К. Чемоданова. — 3-е изд. — Москва : Московский государственный технический универси	<a href="https://www.iprbookshop.ru/94139.html">https://www.iprbookshop.ru/94139.html</a>	сеть Интернет; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Математические основы теории автоматического управления. В 3 томах. Т.2 : учебное пособие / В. А. Иванов, В. С. Медведев, Б. К. Чемоданов, А. С. Ющенко ; под редакцией Б. К. Чемоданова. — 3-е изд. — Москва : Московский государственный технический универси	<a href="https://www.iprbookshop.ru/94136.html">https://www.iprbookshop.ru/94136.html</a>	сеть Интернет; авторизованный доступ

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Математические основы теории автоматического управления. В 3 томах. Т.3 : учебное пособие / В. А. Иванов, В. С. Медведев, Б. К. Чемоданов, А. С. Ющенко ; под редакцией Б. К. Чемоданова. — 3-е изд. — Москва : Московский государственный технический универси	<a href="https://www.iprbookshop.ru/94137.html">https://www.iprbookshop.ru/94137.html</a>	сеть Интернет; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Певзнер, Л. Д. Лабораторный практикум по дисциплине "Теория автоматического управления" : учебное пособие / Л. Д. Певзнер, В. В. Дмитриева. — Москва : Горная книга, 2010. — 125 с.	<a href="https://e.lanbook.com/book/3478">https://e.lanbook.com/book/3478</a>	сеть Интернет; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Певзнер, Л. Д. Теория систем управления : учебное пособие / Л. Д. Певзнер. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 424 с.	<a href="https://e.lanbook.com/book/168877">https://e.lanbook.com/book/168877</a>	сеть Интернет; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Федосенков, Б. А. Теория автоматического управления : современные разделы теории управления. Учебное пособие / Б. А. Федосенков. — Кемерово : Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2014. — 153 с.	<a href="https://www.iprbookshop.ru/61292.html">https://www.iprbookshop.ru/61292.html</a>	сеть Интернет; авторизованный доступ

### **6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows XP (подп. Azure Dev Tools for Teaching до 27.03.2022 )
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATLAB 7.9 + Simulink 7.4 Academic, ПНИПУ 2009 г.

#### **6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Виртуальный читальный зал Российской государственной библиотеки	<a href="https://dvs.rsl.ru/">https://dvs.rsl.ru/</a>
Информационно-справочная система нормативно-технической документации "Техэксперт: нормы, правила, стандарты и законодательства России"	<a href="https://техэксперт.сайт/">https://техэксперт.сайт/</a>

#### **7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине**

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Курсовая работа	Мультимедиа комплекс на базе проектора Toshiba TLP-X3000, доска, парты, стол преподавателя	25
Лабораторная работа	7 компьютеров в ЛВС, принтер HP LJ Professional P102, 3 аналоговых компьютера типа АВК, столы, стулья, доска	20
Лекция	Мультимедиа комплекс на базе проектора Toshiba TLP-X3000, доска, парты, стол преподавателя	25
Практическое занятие	Мультимедиа комплекс на базе проектора Toshiba TLP-X3000, доска, парты, стол преподавателя	25

#### **8. Фонд оценочных средств дисциплины**

Описан в отдельном документе

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Пермский национальный исследовательский политехнический  
университет»

+

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине  
«Теория автоматического управления»

*Приложение к рабочей программе дисциплины*

<b>Направление подготовки:</b>	15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
<b>Направленность (профиль) образовательной программы:</b>	Автоматизация химико-технологических процессов и производств
<b>Квалификация (степень) выпускника:</b>	бакалавр
<b>Выпускающая кафедра:</b>	Оборудование и автоматизация химических производств
<b>Форма обучения:</b>	очная
<b>Курс:</b> <u>3</u>	<b>Семестр(ы):</b> <u>5,6</u>
<b>Трудоёмкость:</b>	
Кредитов по рабочему учебному плану:	<u>10</u> ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	<u>360</u> ч

**Форма промежуточной аттестации:**

Экзамен: 6 сем.      Дифференцированный зачёт: 5 сем.      Курсовая работа: 6 сем.

Пермь 2021 г.

**Фонд оценочных средств** (далее – ФОС) для проведения промежуточной аттестации обучающихся является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины «Теория автоматического управления». Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

### 1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

Согласно рабочей программы дисциплины (РПД) освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение двух семестров (5, 6 семестры учебного плана) и разбито на 10 учебных модулей (по 5 в каждом семестре). В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные, практические и лабораторные занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (таблица 1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, выполнении заданий на практических занятиях, сдаче отчетов по лабораторным работам и экзамена. Виды контроля сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля					
	Текущий		Рубежный		Итоговый	
	С	ТО	ОЛР	Т/КР	Зачёт	Экзамен
<b>Усвоенные знания</b>						
<b>31.</b> знает структурный метод анализа базовых систем автоматизации;	+	+		+	ТВ	
<b>32.</b> знает методы анализа систем автоматического управления во временной и частотных областях;	+	+	+	+	ТВ	
<b>33.</b> знает методы синтеза линейных автоматических систем управления;	+	+	+	+	ТВ	
<b>34.</b> знает методы анализа и синтеза дискретных систем управления;	+	+	+			ТВ
<b>35.</b> знает методы анализа нелинейных систем управления;	+		+			ТВ
<b>36.</b> знает порядок проведения экспериментов в ходе выполнения системного анализа и моделирования.		+	+	+		ТВ
<b>Освоенные умения</b>						
<b>У1.</b> умеет оценивать статические и динамические характеристики линейных и нелинейных систем управления;		+	+	+	ПЗ	
<b>У2.</b> умеет рассчитывать основные качественные показатели функционирования базовых систем автоматизации;		+	+	+	ПЗ	

У3. умеет решать задачи параметрического синтеза типовых алгоритмов регулирования базовых систем автоматизации;		+	+		ПЗ	
У4. умеет представлять результаты проведенных экспериментов в ходе системного анализа и моделирования.		+	+	+		ПЗ
<b>Приобретенные владения</b>						
В1. владеет методами теории управления, применяемыми при исследовании и проектировании систем автоматизации в промышленности;		+	+			ПЗ
В2. владеет методами математического и имитационного моделирования при разработке и совершенствовании автоматических систем управления;		+	+			ПЗ
В3. владеет навыком работы с современными компьютерными средствами анализа и синтеза систем управления;		+	+			ПЗ
В4. владеет приемами представления итогов проведенных экспериментов в ходе системного анализа и моделирования.		+	+			ПЗ

*С – собеседование по теме; ТО – теоретический опрос; ОЛР – отчет по лабораторной работе; Т/КР – рубежное тестирование/контрольная работа; ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание;*

Итоговой оценкой освоения дисциплинарных компетенций (результатов обучения по дисциплине) является промежуточная аттестация по дисциплине в виде зачета в 5-м семестре и экзамена в 6-м семестре, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

## **2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения**

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;
- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;
- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;
- контроль остаточных знаний.

### **2.1 Текущий контроль усвоения материала**

Текущий контроль усвоения материала проводится по каждой теме в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов. Результаты по 4-х балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

### **2.2 Рубежный контроль**

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений (таблица 1) проводится в форме выполнения и защиты лабораторных работ и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

#### **2.2.1 Выполнение и защита лабораторных работ**

Всего запланировано 8 лабораторных работ. Темы лабораторных работ приведены в РПД. Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом.

Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

#### **2.2.2 Рубежная контрольная работа**

Согласно РПД запланировано три рубежные контрольные работы после освоения студентами учебных модулей дисциплины в 5-м семестре и три рубежные контрольные работы после освоения студентами учебных модулей дисциплины в 6-м семестре. Типовые вопросы к контрольным работам приведены ниже.

(5-семестр) Классификация и структурный метод анализа систем управления. Типовые вопросы к КР1.

1. Дать определение понятий: управление, объект управления, управляемая величина, управляющие и возмущающие воздействия.
2. Классификация систем управления (информационные, алгоритмические и энергетические признаки классификации).
3. Понятие структурной схемы. Алгебра структурных схем.
4. Определение типового звена. Статические и динамические характеристики типовых звеньев.

(5-семестр) Анализ основных свойств линейных систем управления. Типовые вопросы к КР 2.

1. Определение устойчивости динамической системы. Устойчивость движения и состояния.
2. Дать понятие асимптотической устойчивости.
3. Алгебраические критерии устойчивости.
4. Частотные критерии устойчивости.

(5-семестр) Анализ качества и методы синтеза линейных автоматических систем управления. Типовые вопросы к КР 3.

1. Понятие запаса устойчивости линейных систем управления.
2. Корневой показатель запаса устойчивости, расширенные частотные характе-

ристики систем управления.

3. Частотные показатели запаса устойчивости.
4. Показатели качества вынужденных процессов управления.
5. Задачи синтеза систем управления.

(6-семестр) Линейные дискретные системы управления. Основы теории. Типовые вопросы к КР1.

1. Виды дискретизации сигналов (квантование во времени и по уровню).
2. Передаточная функция импульсной системы. Специфика расчета импульсных систем с обратной связью.
3. Устойчивость и качество импульсных СУ. Критерии устойчивости импульсных систем.
4. Расчет оптимальных параметров настройки цифровых регуляторов.

(6-семестр) Общие сведения о нелинейных системах управления. Типовые вопросы к КР 2.

1. Определение нелинейной системы. Типовые нелинейности, их характеристики.
2. Метод гармонического баланса амплитуд и фаз (метод Гольдфарба).
3. Фазовые портреты нелинейных систем второго порядка.
4. Скользящие режимы в нелинейных системах.

(6-семестр) Системы управления при случайных воздействиях. Типовые вопросы к КР 3.

1. Случайные воздействия. Случайный процесс и его основные характеристики.
2. Модели случайных воздействий.
3. Преобразование случайного сигнала линейным звеном. Объект управления при случайных воздействиях.
4. Расчет оптимальных параметров регуляторов по критерию минимума среднеквадратичной ошибки управления.

Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.3 Курсовая работа**

Целью курсовой работы является закрепление знаний, умений владений, необходимых для решения проблем анализа и синтеза промышленных систем автоматического управления.

Темы курсовых работ приведены в РПД комплекса дисциплин ТАУ.

Типовые шкала и критерии оценки защиты курсовой работы приведены в общей части ФОС образовательной программы .

### **2.4 Промежуточная аттестация (итоговый контроль)**

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

#### **2.4.1. Процедура промежуточной аттестации без дополнительного аттестационного испытания**

Промежуточная аттестация проводится в 5-м семестре в форме

дифференцированного зачета, в 6-м семестре в форме экзамена. Зачет по дисциплине основывается на результатах выполнения предыдущих индивидуальных заданий студента по данной дисциплине.

К сдаче экзамена по курсу «Теория автоматического управления» допускаются студенты, которые выполнили:

- весь объем самостоятельной работы, предусмотренный заданиями для практических и лабораторных занятий;
- успешно защитили лабораторные работы, предусмотренные рабочей программой;
- аттестованы по результатам рубежного контроля, предусмотренного рабочей программой;
- успешно защитили курсовую работу

Экзамен проводится в устной или письменной форме по экзаменационным билетам. Билет включает два вопроса и практическое задание.

Экзаменатору предоставляется право задавать студенту дополнительные вопросы по программе данного курса.

Критерии выведения итоговой оценки за компоненты компетенций при проведении промежуточной аттестации в виде зачета и экзамена приведены в общей части ФОС образовательной программы.

#### **2.4.1.1 Типовые вопросы и задания для дифференцированного зачёта по дисциплине**

##### **Вопросы для контроля усвоенных знаний:**

1. Определение структуры системы управления. Принципы управления, реализуемые в системах управления. Автоматические системы регулирования (АСР).
2. Классификация систем управления по типу сигналов, алгоритмов управления, энергетическим признакам. Типовая схема технических средств локальной системы автоматического регулирования (аналоговых и цифровых).
3. Основы структурного метода анализа систем управления. Понятие графа. Граф структурной схемы. Сигнальные графы. Формула Мэйсона.
4. Характеристики систем с типовой структурой (алгебра передаточных функций).
5. Вынужденные процессы в линейных системах управления. Оценка точности АСР при отработке ступенчатых и рамповых воздействий.
6. Показатели качества промышленных систем управления. Прямые и косвенные показатели качества.

##### **Типовые вопросы и практические задания для контроля приобретенных умений**

1. Получить динамические характеристики типового звена (тип звена определяет преподаватель).
2. Вынужденные процессы в линейных системах управления. Выполнить оценку точности АСР при отработке ступенчатых и рамповых воздействий в среде имитационного моделирования Simulink.
3. В компьютерной системе MATLAB получить характеристики систем с типовой структурой (структуру определяет преподаватель).

##### **Типовые задания для контроля приобретенных владений:**

- Даны значения параметров модели объекта управления. Рассчитать параметры настройки аналогового ПИД регулятора методом ограничения на заданный

частотный показатель колебательности с применением цифрового пакета прикладных программ linreg.

- Даны значения параметров модели объекта управления. Рассчитать параметры настройки аналогового ПИ регулятора методом ограничения на заданный корневой показатель колебательности с применением цифрового пакета прикладных программ linreg.
- Даны значения параметров модели объекта управления. Рассчитать параметры настройки аналогового ПИ регулятора методом ограничения на заданный частотный показатель колебательности с применением цифрового пакета прикладных программ linreg.

#### **2.4.1.2. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине**

##### **Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:**

- Основные понятия о дискретных автоматических системах управления. Виды дискретизации сигналов. Определение импульсной системы. Импульсная модуляция сигналов в АСР.
- Разностное уравнение дискретной системы. Понятие виртуального фильтра. Модель дискретной системы с цифровым контроллером.
- Методы описания дельта - импульсных последовательностей. Преобразование Лапласа для импульсных сигналов. Определение  $Z$  - преобразования.
- Понятие автоколебаний. Гармоническая линеаризация.
- Случайные процессы в САУ. Основные статистические характеристики случайных процессов (функция распределения, математическое ожидание, дисперсия, корреляционная функция, спектральная плотность). Классификация случайных процессов.

##### **Типовые вопросы для контроля освоенных умений:**

- Определить устойчивость и параметров автоколебаний.
- Решить задачу параметрического синтеза АСР при случайном характере возмущающих воздействий.

##### **Пример практического задания для контроля приобретенных владений:**

- Даны значения параметров модели объекта управления. Рассчитать параметры настройки цифрового ПИ регулятора методом ограничения на заданный частотный показатель колебательности с применением цифрового пакета прикладных программ linreg.
- Даны значения параметров модели объекта управления. Рассчитать параметры настройки цифрового ПИ регулятора методом подбора периода квантования с применением цифрового пакета прикладных программ linreg.

Полный перечень теоретических вопросов и практических заданий в форме утвержденного комплекта экзаменационных билетов хранится на выпускающей кафедре.

#### **2.4.1.3. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамен**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета для

компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

#### **2.4.2. Процедура промежуточной аттестации с проведением аттестационного испытания**

В отдельных случаях (например, в случае переаттестации дисциплины) промежуточная аттестация в виде зачета по дисциплине может проводиться с проведением аттестационного испытания по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

### **3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций**

#### **3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций**

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при зачете считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде зачета и экзамена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.