

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

« 07 » декабря 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Теоретические основы 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: 08.03.01 Строительство
(код и наименование направления)

Направленность: Строительство (общий профиль, СУОС)
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины – освоение дисциплинарных компетенций по познанию фундаментальных принципов управления объектами, методов построения моделей систем автоматического управления и исследования процессов в этих системах.

Задачи дисциплины:

- изучение организации и архитектуры систем управления объектами, методов проектирования автоматических систем, моделей вычислений, синтеза дискретных корректирующих алгоритмов;
- формирование умения проектировать программное обеспечение с использованием подхода, ориентированного на модель системы;
- формирование умения разрабатывать структурные схемы систем и ее элементы по модели функциональных алгоритмических структур;
- формирование навыков работы в обработке, анализе и представлении результатов исследований объектов и систем.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

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

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
-------------	-------------------	---	--	-----------------

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-3.6	ИД-1ПК3.6	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - организацию современных аппаратных средств и элементы архитектуры автоматических систем, - принципы управления объектами, - математическое описание САУ, - методы анализа устойчивости и качества автоматических систем, - методы синтеза систем управления с ЭВМ в качестве управляющего устройства, - методы проектирования оптимальных режимов функционирования автоматических систем, - методы исследования автоматических систем. 	<p>Знает требования нормативных правовых актов и документов системы технического регулирования, состав комплекса средств автоматизации, классификацию автоматизированных систем управления технологическими процессами</p>	Отчёт по практическом у занятию
ПК-3.6	ИД-2ПК3.6	<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - выполнять построение статических и динамических характеристик исследуемых объектов и САУ, - оценивать качество САУ, - строить функциональные и структурные схемы систем управления, - выполнять синтез оптимальных управляющих алгоритмов САУ , - использовать знания организации и архитектуры автоматических систем для проектирования её функциональной схемы, - использовать модели в интерактивных программных средах для проектирования оптимальных систем. 	<p>Умеет определять необходимые исходные данные для проведения обследования и подготовки обоснования создания автоматизированных систем управления технологическими процессами, а также оценивать затраты ожидаемой эффективности автоматизированной системы управления</p>	Защита лабораторной работы
ПК-3.6	ИД-3ПК3.6	<p>Владеет:</p>	<p>Владеет навыками сбора,</p>	Курсовой

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		- математическим описанием типовых динамических звеньев САУ и практикой использования их при проектировании систем, - опытом практической работы в интегрированной среде MATLAB, - опытом практической работы в интегрированной среде разработки аппаратных средств по модели системы управления, - опытом практической работы в интерактивной среде MATLAB по разработке оптимальных систем.	обработки и анализа исходных данных об объекте управления, выполнения технико-экономических расчетов и оформления отчета о результатах и заявки на разработку автоматизированной системы управления.	проект

3. Объем и виды учебной работы

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

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	СРС
6-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Математическое описание объектов и систем автоматического управления	10	0	8	30
<p>Тема 1. Объекты и системы управления; классификация САУ. Виды объектов управления: объекты с самовыравниванием и без самовыравнивания, объекты с запаздыванием. Передаточные функции объектов. Классификация систем управления по закону изменения выходной функции, по фундаментальным принципам управления, по числу контуров и регулируемых параметров, по наличию источников вспомогательной энергии в регуляторе, по характеру изменения переменных во времени, по виду дифференциальных уравнений, описывающих работу системы, по свойствам в установившемся режиме, по виду коэффициентов в дифференциальных уравнениях, по способу оптимизации параметров. Структурные схемы систем управления объектами: общие принципы системной организации, обобщенная структурная схема САУ, типовая структурная схема трех - координатной системы. Тема 2. Математические модели объектов и систем управления.</p> <p>Формы представления моделей систем. Дифференциальное уравнение общего вида для 3-координатной системы управления. Линеаризация уравнения. Линеаризованное дифференциальное уравнение системы для окрестности рабочей точки. Условия линеаризации уравнения. Понятие пространства состояний объекта или системы. Решение дифференциальных уравнений САУ методом пространства состояний. Методы вычислений матрицы перехода. Матричная передаточная функция. Понятие о графах. Графы систем управления. Определение передаточной функции системы. Правило написания передаточной функции замкнутой системы управления. Преобразование систем с неединичной обратной связью к системам с единичной обратной связью. Эталонная передаточная функция системы. Определение переходной и импульсной переходной функций САУ. Интеграл свертки. Частотные характеристики объектов и систем управления. Теорема о предельном (конечном) значении функции. Определения статической и астатической систем по каналам управления и возмущения. Статизм регулирования. Статические и</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>астатические регуляторы. Статические характеристики звеньев и объектов САУ. Динамические характеристики систем управления. Типовые входные воздействия. Тема 3. Фундаментальные принципы управления.</p> <p>Задачи решаемые САУ. Передаточные функции объекта по управляющему и возмущающему воздействиям. Варьируемые параметры в законе управления объектом и способы решения задач управления. Управляемость и наблюдаемость, инвариантность и чувствительность систем управления.</p> <p>Принцип управления по возмущению (принцип компенсации, принцип Понселе). Структурная схема системы управления и её описание. Достоинства принципа управления по возмущению и затруднения в реализации этого принципа. Пример реализации принципа Понселе. Принцип обратной связи (принцип управления по отклонению контролируемой функции от входного воздействия, принцип Ползунова-Уатта). Математическое описание и структурная схема системы регулирования выходной координаты объекта. Физические процессы в системе с реализацией принципа Ползунова-Уатта. Достоинства и недостатки принципа обратной связи. Пример реализации принципа регулирования по отклонению.</p> <p>Комбинированный принцип управления. Структурная схема системы с комбинированным принципом управления. Описание работы системы. Достоинства и недостатки комбинированного принципа управления.</p>				
Преобразование структурных схем и анализ устойчивости и качества САУ; синтез систем управления	16	0	12	40
<p>Тема 4. Типовые динамические звенья систем управления.</p> <p>Статические (позиционные) звенья (апериодические звенья 1-го и 2-го порядков, колебательное звено), консервативное и неустойчивое звенья второго порядка, интегрирующие и дифференцирующие звенья, трансцендентные звенья. Переходные и передаточные функции звеньев, частотные характеристики.</p> <p>Тема 5. Передаточные функции систем различной структуры и преобразование структурных схем; методика построения логарифмических частотных характеристик САУ.</p>				

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>Последовательное соединение звеньев, встречно-параллельное включение звеньев, последовательно-параллельное включение звеньев. Передаточные функции разомкнутых и замкнутых контуров систем. Преобразование структурных схем. Построение логарифмических частотных характеристик статических разомкнутых систем (в форме алгоритма). Построение логарифмических частотных характеристик астатических разомкнутых систем. ЛЧХ контура с отрицательной обратной связью.</p> <p>Тема 6. Устойчивость и качество САУ Определение устойчивости. Свободные и вынужденные колебания в системе. Влияние корней характеристического уравнения системы на устойчивость. Теоремы А. М. Ляпунова. Определение критерия устойчивости САУ. Необходимые (условия Рауса) и достаточные условия устойчивости. Критерии устойчивости Гурвица и Рауса. Принцип аргумента и критерий устойчивости Найквиста. Запасы устойчивости. Структурно-устойчивые и структурно-неустойчивые системы. Абсолютно устойчивые и условно устойчивые системы. Определение терминов «качество САУ», «показатель качества», «анализ САУ». Требования, предъявляемые к системам автоматического управления. Анализ установившихся ошибок в системе. Ошибка на выходе системы и рассогласование в системе. Коэффициенты ошибок. Анализ качества САУ в динамике: прямые и косвенные показатели качества САУ. Методы анализа систем управления. Понятие регуляторов состояния. Модальное управление. Идентификация систем автоматического управления.</p> <p>Тема 7. Синтез систем управления. Этапы проектирования САУ. Методы синтеза систем управления (классическая схема, ПИД – регуляторы, метод размещения полюсов, метод ЛЧХ, комбинированное управление, множество стабилизирующих регуляторов). Платформы, на которых строятся стабилизирующие алгоритмы: 1. Классическая (дифференциальные уравнения - временные и частотные методы); 2. Нечеткая логика;</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
3. Нейронные сети; 4. Гибридные алгоритмы; 5. Генетические и муравьиные алгоритмы. Системы подчиненного регулирования переменных. Принципы построения САУ по модульному и симметричному оптимуму. Принципы построения инвариантных систем автоматического управления. Критерий абсолютной инвариантности. Условия инвариантности систем по управляющему и возмущающему воздействиям.				
Дискретные САУ	10	0	12	38
Тема 8. Дискретные системы. Математическое описание работы дискретных САУ Понятие импульсного (прерывистого) управления. Классификация дискретных САУ. Микропроцессорные САУ: назначение ЦВМ в САУ, функциональная и структурная схемы, математическое описание экстраполятора нулевого порядка, выбор величины периода квантования сигналов, статическая погрешность аналого-цифрового преобразователя сигналов. Математическое описание амплитудно-импульсного модулятора 1-го рода во временном пространстве и в пространстве Фурье. Теорема Котельникова-Шеннона. Решётчатые функции: физические процессы в аналого-цифровом преобразователе и его математическое описание посредством решётчатых функций, физические процессы в цифро-аналоговом преобразователе и решётчатая функция цифро-аналогового модулятора. Дискретное преобразование Лапласа. Z – преобразование. Основные свойства и теоремы z – преобразования. W – преобразование. Разностные уравнения: прямая и обратная разности, неполная и полная суммы, уравнения в конечных разностях m – го порядка, условие устойчивости систем. Дискретная передаточная функция микроЭВМ, работающей в контуре управления аналоговым объектом. Линейный в форме разностного уравнения закон управления объектом. Логарифмические псевдочастотные характеристики цифровых систем. Методы построения ЛПЧ исходных (нескорректированных) разомкнутых цифровых систем. Устойчивость работы цифровых САУ				

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>Условие устойчивости цифровых систем. Корневой критерий устойчивости. Использование конформного отображения на основе билинейного преобразования для применения алгебраических критериев устойчивости. Критерий Гурвица. Критерий Михайлова. Критерий Найквиста. Критерий Найквиста для ЛПЧХ.</p> <p>Качество работы цифровых САУ</p> <p>Анализ точности работы цифровых систем в установившемся режиме. Оценка качества САУ по показателю колебательности. Три типа желаемых ЛПЧХ цифровых систем. Учёт постоянного временного запаздывания в цифровых системах.</p> <p>Синтез цифровых управляющих алгоритмов цифро-аналоговых систем</p> <p>Методы синтеза цифровых управляющих алгоритмов. Стандартные цифровые регуляторы.</p> <p>Системы с конечной длительностью затухания переходных процессов. Программная реализация алгоритмов управления в цифровых системах.</p>				
ИТОГО по 6-му семестру	36	0	32	108
7-й семестр				
Нелинейные автоматические системы	8	0	14	30
<p>Тема 9. Нелинейные системы.</p> <p>Статика нелинейных систем управления</p> <p>Определение нелинейной системы. Линеаризуемые и нелинеаризуемые нелинейности в системе.</p> <p>Принципиально новые свойства в динамике нелинейных систем.</p> <p>Типовая структурная схема нелинейной системы.</p> <p>Виды нелинейностей: звено с релейной характеристикой, звено с зоной нечувствительности и релейной характеристикой, звено с характеристикой типа «ограничение» и с зоной нечувствительности.</p> <p>Структурное преобразование нелинейной САУ к типовой.</p> <p>Устойчивость нелинейных САУ</p> <p>Понятие устойчивости нелинейных систем. Методы определения устойчивого положения равновесия.</p> <p>Абсолютная устойчивость процессов. Критерий абсолютной устойчивости В.М.Попова.</p> <p>Теорема А.М.Ляпунова (второй метод).</p> <p>Анализ нелинейных объектов и систем управления</p> <p>Обзор методов исследования нелинейных систем.</p> <p>Метод фазовых траекторий: основные понятия о методе, свойства фазовой плоскости, построение фазовых траекторий, построение кривой переходного процесса нелинейной САУ. Анализ</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>поведения нелинейной САУ в фазовом пространстве. Автоколебания и их устойчивость.</p> <p>Метод гармонической линеаризации: общая характеристика метода гармонической линеаризации, комплексный передаточный коэффициент нелинейного элемента, уравнение Л.С.Гольдфарба, определение наличия и устойчивости автоколебаний по методам Л.С.Гольдфарба и А.А.Вавилова. Оценка качества переходных процессов в нелинейных системах. Некоторые вопросы синтеза нелинейных систем.</p>				
Оптимальные, адаптивные и стохастические САУ.	10	0	20	60
<p>Тема 10. Оптимальные, адаптивные и стохастические САУ.</p> <p>Оптимальные системы</p> <p>Понятие оптимальных систем управления. Задача оптимального управления. Целевая функция оптимального автоматического управления. Базовые методы решения задач оптимального управления: классическое вариационное исчисление – теорема и уравнение Эйлера, принцип максимума Л.С. Понтрягина, динамическое программирование Р. Беллмана.</p> <p>Адаптивные системы</p> <p>Определение адаптивной системы. Актуальность применения адаптивных систем. Робастные системы. Классификация и примеры адаптивных систем. Методы синтеза адаптивных систем. Наблюдатели состояния. Адаптивные классические, нечёткие, нейросетевые и гибридные регуляторы.</p> <p>Стохастические системы</p> <p>Случайные процессы в системах. Основные характеристики случайных процессов. Функции распределения. Средние значения по времени и множеству. Гипотеза об эргодичности. Условия стационарности случайных процессов. Корреляционные функции и их свойства. Спектральная плотность, ее связь с корреляционной функцией. Связь вероятностных характеристик переменных линейной стационарной системы. Методы анализа и синтеза линейных стационарных систем при случайных воздействиях. Синтез линейных систем по минимуму среднеквадратичного отклонения.</p>				
ИТОГО по 7-му семестру	18	0	34	90

ИТОГО по дисциплине	54	0	66	198
---------------------	----	---	----	-----

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Применение преобразования Лапласа для математического описания объектов автоматического управления: экспериментальное исследование динамических характеристик типовых звеньев систем управления.
2	Исследование объекта 3-го порядка с использованием модуля LTI Viewer в MATLAB.
3	Математическое описание систем в пространстве состояний.
4	Построение частотных характеристик звеньев и систем автоматического управления технологическими объектами.
5	Исследование устойчивости системы управления вертикальным взлётом самолёта (стартом ракеты).
6	Исследование устойчивости системы управления уровнем жидкости в резервуаре различными методами.
7	Анализ качества САУ в статике и динамике: исследование характеристик системы управления бурильной машиной для проходки тоннеля под Ла-Маншем.
8	Исследование характеристик системы чтения информации с жёсткого диска компьютера.
9	Исследование системы управления рулевым механизмом робота.
10	Настройка параметров ПИД-регулятора по временному модифицированному методу Зиглера – Никольса.
11	Настройка параметров ПИД-регулятора по частотному методу Зиглера – Никольса.
12	Синтез с апериодической реакцией системы управления машиной для производства бумаги.
13	Синтез системы управления с корректирующей гибкой отрицательной обратной связью (орбитальный космический телескоп «Хаббл»).
14	Проектирование регулятора линейной системы стабилизации судна на курсе путем использования модуля SISO Tool в MATLAB.
15	Проектирование регулятора линейной системы стабилизации судна на курсе в пакете Simulink.
16	Применение дискретного преобразования Лапласа для математического описания цифровых САУ и синтез алгоритмов управления цифровых систем.
17	Исследование цифровой системы автоматического управления рукой робота.
18	Исследование цифровой системы управления роботом покраски корпуса автомобиля.
19	Синтез автоматической системы приёмочного контроля методом пространства состояний.
20	Исследование методом гармонического баланса (методом описывающей функции) нелинейной САУ, содержащей идеальное реле (компаратор).
21	Исследование нелинейной системы автоматического управления, содержащей нелинейность типа «люфт».
22	Исследование нелинейной системы стабилизации положения спутника методом фазовых траекторий.
23	Синтез нелинейной системы управления судном по курсу с компенсацией влияния нелинейностей методом anti – windup (противодействие «наматыванию»).
24	Синтез оптимальной по быстродействию системы перемещения больших масс.

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
25	Анализ и синтез фотоэлектрической системы слежения за движущейся целью.
26	Синтез самонастраивающейся системы с эталонной моделью.
27	Синтез системы 2-го порядка с полной обратной связью по состоянию.
28	Проектирование SISO-систем управления.
29	Анализ и синтез ММО-систем управления.
30	Проектирование автоматических систем методами симметричного и модульного оптимумов.
31	Синтез оптимальных регуляторов при случайных возмущениях.
32	Проектирование нечётких регуляторов для систем автоматического управления.
33	Синтез регуляторов автоматических систем металлообрабатывающих станков с фрезерной, токарной, круглошлифовальной операциями или продольным точением.

Тематика примерных курсовых проектов/работ

№ п.п.	Наименование темы курсовых проектов/работ
1	Проектирование позиционной системы микропроцессорного управления электронно-лучевой установки (по вариантам)

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
1. Основная литература		
1	Бесекерский В. А., Попов Е. П. Теория систем автоматического управления : учебное пособие. 4-е изд., перераб. и доп. Санкт-Петербург : Профессия, 2007. 749 с.	32
2	Васильев Е. М., Коломыйцев В. Г. Теория автоматического управления. Дискретные системы : учебное пособие для вузов. Пермь : ПНИПУ, 2012. 151 с. 9,5 усл. печ. л.	39
3	Васильев Е. М., Коломыйцев В. Г. Теория автоматического управления. Нелинейные системы : учебное пособие для вузов. Пермь : ПНИПУ, 2011. 114 с. 7,25 усл. печ. л.	5
4	Гудвин Г.К., Греббе С.Ф., Сальгадо М.Э. Проектирование систем управления : пер. с англ. М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2004. 911 с.	14
5	Дорф Р. К., Бишоп Р. Х. Современные системы управления : пер. с англ. Москва : БИНОМ. Лаб. знаний, 2012. 831 с. 67,08 усл. печ. л.	3
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Лукас В.А. Теория управления техническими системами: учебное пособие для вузов. 4-е изд., испр. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2005. 676 с.	50
2	Математические основы теории автоматического управления. Т.2. Москва: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. 615с.	9
3	Математические основы теории автоматического управления. Т.3. Москва: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. 350с.	2
4	Проектирование микропроцессорных систем автоматического управления. Синтез систем автоматического управления. Пермь: Изд-во ПГТУ, 1997. 175 с.	98
5	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
2.2. Периодические издания		
1	Не используются	

2.3. Нормативно-технические издания		
1	ИС "Техэксперт"	1
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
1	Анализ и синтез САУ методами пространства состояний. Нелинейные, импульсные и оптимальные системы автоматического управления: метод. указания к выполнению лаб. работ/ сост. Андриевская Н.В. [и др.].- Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2009. - 74 с.	1
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
1	Линейные автоматические системы : лабораторный практикум / В.Г. Коломыцев. – Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2020. – 137 с.	5
2	Теория автоматического управления: учеб.-метод. пособие/В.Г. Коломыцев.-Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014.	5

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Васильев Е. М., Коломыцев В. Г. Теория автоматического управления. Дискретные системы : учебное пособие для вузов. Пермь : ПНИПУ, 2012. 151 с. 9,5 усл. печ. л.	https://elib.pstu.ru/Record/lan ru-LAN-BOOK-160329	сеть Интернет; авторизованный доступ
Основная литература	Васильев Е. М., Коломыцев В. Г. Теория автоматического управления. Нелинейные системы : учебное пособие для вузов. Пермь : ПНИПУ, 2011. 114 с. 7,25 усл. печ. л.	https://elib.pstu.ru/Record/lan ru-LAN-BOOK-160328	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	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATLAB 7.9 + Simulink 7.4 Academic, ПНИПУ 2009 г.
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Microsoft Office Visio Professional 2016 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)

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	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Курсовой проект	ПК Intel Pentium Dual CPU 2000 МГц	10
Лекция	Проектор, экран, ПК или ноутбук, маркерная доска, маркер	1
Практическое занятие	Проектор, экран, ПК или ноутбук, маркерная доска, маркер	1

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе
