

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

« 09 » октября 20 23 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: 144 (4)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 15.03.06 Мехатроника и робототехника
(код и наименование направления)

Направленность: Мехатроника и робототехника (общий профиль, СУОС)
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

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

Задачи дисциплины:

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

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Объекты дисциплины:

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

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
ОПК-4	ИД-1ОПК-4	Знает: <ul style="list-style-type: none"> • основные подходы к синтезу линейных САУ; • основные методы синтеза линейных непрерывных САУ; • типовые законы управления; • основные программные и аппаратные средства моделирования и исследования САУ 	Знает терминологию в области цифровой экономики и цифровых технологий	Экзамен
ОПК-4	ИД-2ОПК-4	Умеет: <ul style="list-style-type: none"> • выбирать структуры и схемы автоматического регулирования и управления, осуществлять параметрическую оптимизацию регулирующих и управляющих устройств; • синтезировать законы и алгоритмы оптимального управления объектами; • анализировать качество управления; • осуществлять моделирование САУ с помощью современных про-граммных и аппаратных средств. 	Умеет выполнять трудовые действия с использованием информационных технологий при решении задач профессиональной деятельности	Контрольная работа
ОПК-4	ИД-3ОПК-4	Владеет навыками анализа и синтеза линейных, дискретных и нелинейных САУ;	Владеет навыками чтения научных текстов по профилю профессиональной деятельности (выделять смысловые конструкции для понимания всего текста, объяснять принципы работы описываемых информационных технологий)	Защита лабораторной работы
ПКО-2	ИД-1ПКО-2	Знает: <ul style="list-style-type: none"> • основные принципы и законы 	Знает способы расчета отдельных блоков и устройств мехатронных и	Экзамен

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		<p>функционирования систем автоматического управления;</p> <ul style="list-style-type: none"> • динамические и частотные характеристики САУ; • типовые звенья линейных систем автоматического управления; • графические методы описания САУ с помощью структурных схем; • метод построения ЛАЧХ • математическое описание САУ в пространстве состояния; • основные положения теории устойчивости; • алгебраические и частотные критерии устойчивости; • основные показатели качества САУ и методы оценки качества САУ 	робототехнических систем.	
ПКО-2	ИД-2ПКО-2	<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • использовать основные методы анализа САУ во временной и частотной областях; • составлять и преобразовывать структурные схемы САУ и схемы переменных состояния; • строить ЛАЧХ сложных систем; • оценивать устойчивость САУ;4• 	Умеет применять методики и инструментарий проектирования отдельных блоков и устройств мехатронных и робототехнических систем.	Контрольная работа
ПКО-2	ИД-3ПКО-2	Владеет: навыками исследования и моделирования линейных, дискретных и нелинейных САУ с помощью стандартных программных средств.	Владеет навыками использования стандартные средств измерительной и вычислительной техники при проектировании и расчетах отдельных блоков и устройств мехатронных и	Защита лабораторной работы

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
			робототехнических систем.	

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		5	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	66	66	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	36	36	
- лабораторные работы (ЛР)	16	16	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	10	10	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	42	42	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	144	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
5-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Основные понятия и определения теории автоматического управления.	2	0	2	2
<p>Тема 1. Основные понятия и определения. Цели и задачи курса теории автоматического управления, содержание дисциплины. Связь ТАУ с другими дисциплинами. История развития САУ и ТАУ. Роль русских и российских ученых в развитие ТАУ. ТАУ и кибернетика. Роль курса в формировании современного инженера. Роль ТАУ в решении актуальных проблем научно-технического прогресса.</p> <p>Суть управления. Понятия автоматического регулирования, автоматического управления и автоматизированного управления. Основные термины и определения Теории автоматического управления: объект управления, регулятор, система автоматического управления, звенья, функциональная схема САУ, воздействия: задающие, и управляющие, управляемая переменная, возмущения: нагрузка и помехи, ошибка управления, статика и динамика САУ. Поведение объектов и СУ; информация и принципы управления; примеры СУ техническими, экономическими и организационными объектами.</p> <p>Тема 2. Классификация систем автоматического управления.</p> <p>Классификация систем автоматического управления по динамике процессов, протекающих в системе и в объекте управления. Линейные и нелинейные САУ. Непрерывные и дискретные системы. Детерминированные и стохастические системы. Фундаментальные принципы управления. Классификация по функции управляющего воздействия. Системы стабилизации, следящие системы, системы программного управления, оптимальные и адаптивные системы. Примеры. Классификация САУ принципу управления. Системы регулирования по отклонению, системы по возмущению, комбинированные системы. Принцип регулирования по отклонению. Замкнутые и разомкнутые системы. Понятия о системах непрерывного, импульсного и релейного управления. Понятия об обратных связях (жесткие, гибкие, отрицательные и положительные связи). Примеры. Статические и астатические системы и их свойства в стационарном режиме. Примеры. Одномерные и многомерные системы. Типовая структура САУ и ее основные элементы (объект управления,</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
чувствительный элемент, устройство управления, элемент сравнения, регулирующий орган). Системы прямого и непрямого регулирования. Стационарные и нестационарные системы автоматического управления. Системы со сосредоточенными и распределенными параметрами.				
Математическое описание линейных непрерывных систем автоматического управления.	10	4	4	10
<p>Тема 3. Классическое математическое описание САУ.</p> <p>Методы математического моделирования звеньев и систем автоматического управления. Описание динамики и статики процессов. Линейные непрерывные модели. Модели вход-выход. Дифференциальные уравнения и их линеаризация. Виды типовых входных сигналов. Динамические временные характеристики: переходная характеристика и импульсная переходная характеристика. Преобразование Лапласа. Понятие передаточной функции. Частотные характеристики: амплитудно-фазовая характеристика (АФХ), амплитудно-частотная характеристика (АЧХ), фазо-частотная характеристика (ФЧХ), логарифмическая амплитудно-частотная характеристика (ЛАЧХ). Физический смысл частотных характеристик.</p> <p>Тема 4. Типовые звенья САУ.</p> <p>Типовые звенья: безынерционное (усилительное), апериодическое звено, колебательное звено, идеальное и реальное интегрирующие звенья, идеальное и реальное дифференцирующие звенья, форсирующие звенья, звено чистого запаздывания. Временные и частотные характеристики, передаточная функция типовых звеньев. Понятие о минимально-фазовых звеньях. Методика построения ЛАЧХ.</p> <p>Тема 5. Графическое представление САУ.</p> <p>Понятие структурной схемы САУ. Расчет передаточной функции при разном соединении звеньев (последовательном, параллельном, с обратными связями). Правила преобразования структурных схем. Понятие о графах. Представление САУ в виде ориентированного графа. Определение передаточных функций по формуле Мейсона.</p> <p>Тема 6. Метод пространства состояния.</p> <p>Особенности исследования многомерных систем. Понятие управляемости и наблюдаемости многомерных систем. Критерии управляемости и наблюдаемости. Метод пространства состояния</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
как современный метод описания мно-гомерных систем автоматического управления. Основные понятия пространства состояния. Модели вход-состояние-выход. Понятие схемы переменных состояния. Метод прямого, параллельного и последовательного программирования для составления схем переменных состояния. Описание САУ методом про-странства состояния. Понятие матрицы перехода. Способы получения матрицы перехода. Передаточная матрица перехода. Преобразования форм представле-ния моделей. Применение метода пространства состояния для цифрового моде-лирования САУ				
Основные свойства САУ: Устойчивость и качество линейных непрерывных систем автоматического управления	8	4	0	10
Тема 7. Основные понятия теории устойчивости. Анализ основных свойств линейных систем автоматического управления. Определение понятия «устойчивости» динамических систем. Свободная и вы-нужденная составляющая переходного процесса в САУ. Характеристическое управление САУ. Устойчивость САУ по Ляпунову. Связь корней характери-стического уравнения с устойчивостью Теорема Ляпунова. Тема 8. Критерии устойчивости. Понятие критерия устойчивости. Алгебраические критерии устойчивости САУ: критерии Гурвица и Рауса. Частотные критерии устойчивости. Принцип аргумента. Критерий Михайлова. Следствие из критерия Михайлова. Критерий Найквиста. Логарифмический критерий устойчивости. Устойчивость САУ с чи-стым запаздыванием. Запасы устойчивости по модулю и фазе. D-разбиение. Понятия структурно-устойчивых и структурно-неустойчивых систем. Тема 9. Качество переходных процессов САУ. Понятие о качестве переходных процессов в линейных САУ. Основные по-казатели качества переходных процессов: точность управления, время переход-ного процесса, перерегулирование. Классификация методов оценки качества процессов. Прямые методы оценки качества САУ: методы решения дифферен-циальных уравнений; операторный метод, метод цифрового и аналогового мо-делирования. Тема 10. Косвенные методы определения качества САУ. Особенности косвенных методов оценки качества регулирования систем. Корневой метод. Диаграмма Вышнеградского. Частотный метод оценки каче-				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
ства. Преобразование Фурье как основа частного метода. Понятие обобщенной вещественной частотной характеристики. Применение частотного метода в качестве прямого метода оценки качества управления. Построение переходных процессов по вещественной частотной характеристике (метод Солодовникова). Косвенная оценка показателей качества регулирования по виду вещественной характеристики. Интегральные методы оценки качества САУ. Тема 11. Статические и астатические САУ. Определение статических и астатических систем автоматического управления. Теорема о предельном (конечном) значении функции. Определения статической и астатической систем по каналам управления и возмущения. Степень астатизма САУ. Точность САУ по калу задания и возмущения при различных видах входных воздействий. для различны. Понятие инвариантности и чувствительности САУ.				
Методы синтеза линейных непрерывных САУ	16	8	4	20
Тема 12. Основные понятия синтеза линейных САУ. Прямая задача теории автоматического управления. Постановка задачи синтеза систем автоматического управления. Критерии качества и задачи выбора и параметров и характеристик СУ. Этапы проектирования систем автоматического управления. Различные подходы к синтезу линейных САУ. Коррекция динамики переходных процессов с помощью обратных связей. Тема 13. Методы синтеза линейных САУ. Коррекция линейных непрерывных стационарных систем. Понятие корректирующего устройства. Частотный метод синтеза (по желаемой ЛАЧХ). Построение желаемой ЛАЧХ. Коррекция систем с помощью последовательного, параллельного и встречно-параллельного (обратная связь) корректирующего устройства. Основы структурно-параметрической оптимизации. Выбор желаемой передаточной функции объекта: биномиальная форма, фильтр Баттерворта, форма, обеспечивающая минимум интеграла от взвешенной модульной ошибки системы (ИВМО), форма, обеспечивающая минимум переходного процесса. Типовые законы регулирования: П, И, Д, ПИ, ПД и ПИД. достоинства и недостатки типовых регуляторов. Особенности синтеза САУ электромеханических систем. Метод подчиненного регулирования. Настройка контуров на «технический» и «симметричный оптимум». Особенности				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
синтеза САУ по возмущению. Комбинированное управление. Основное назначение и расчет предшествующего фильтра. Принципы построения инвариантных систем автоматического управления. Критерий абсолютной инвариантности. Условия инвариантности по управляющему и возмущающему воздействию. Понятие регуляторов состояния. Модальное управление.				
ИТОГО по 5-му семестру	36	16	10	42
ИТОГО по дисциплине	36	16	10	42

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Построение функциональных схемы САУ
2	Построение передаточных функций с помощью преобразования Лапласа
3	Построение ЛАЧХ сложных объектов
4	Структурные схемы САУ
5	Оценка качества корневым методом

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Исследование динамических и частотных характеристик типовых звеньев САУ
2	Анализ устойчивости непрерывных линейных САУ
3	Исследование качества линейных систем автоматического управления
4	Исследование Типовых законов управления

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. 4-е изд., перераб. и доп Санкт-Петербург : Профессия, 2004. 749 с.	125
2	Казанцев В. П. Теория автоматического управления. Линейные системы управления : учебное пособие. Пермь : Изд-во ПГТУ, 2007. 165 с. 10,5 усл. печ. л.	72

3	Лукас В.А. Теория управления техническими системами : учебное пособие для вузов. 4-е изд., испр Екатеринбург : Изд-во УГГУ, 2005. 676 с.	50
4	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.	47
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления : пер. с англ. Москва : Лаб. Базовых Знаний, 2004. 831 с.	108
2	Журомский В. М. Линейные системы автоматического управления. Частотные методы. Инженерно-физические основы : учебное пособие для вузов. 2-е изд Москва : Юрайт, 2019. 153 с	1
3	Зенкевич С.Л., Ющенко А.С. Управление роботами. Основы управления манипуляционными роботами : учебник для вузов. Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2000. 399 с.	6
4	Крутько П.Д. Управление исполнительными системами роботов. М. : Наука, 1991. 333 с.	1
5	Медведев В. С., Потемкин В.Г. Control System Toolbox. MATLAB 5 для студентов. Москва : Диалог-МИФИ, 1999. 287 с.	1
6	Филлипс Ч, Харбор Р Системы управления с обратной связью : пер. с англ. Москва : Лаборатория Базовых Знаний, 2001. 615 с.	1
2.2. Периодические издания		
	Не используется	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	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	Журомский В. М. Линейные системы автоматического управления. Частотные методы. Инженерно-физические основы : учебное пособие для вузов. 2-е изд Москва : Юрайт, 2019, 153 с.	URL: https://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks224001	локальная сеть; свободный доступ

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Зенкевич С. Л., Ющенко А. С. Основы управления манипуляционными роботами : учебник для вузов. 2-е изд. Москва : МГТУ им. Баумана, 2004	URL: https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-106392	локальная сеть; свободный доступ
Дополнительная литература	Кудинов Ю. И., Пашенко Ф. Ф. Теория автоматического управления (с использованием MATLAB — SIMULINK) : учебное пособие. 3-е изд., стер. Санкт-Петербург : Лань, 2019	URL: https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-111198	локальная сеть; свободный доступ
Дополнительная литература	Медведев В. С., Потемкин В.Г. Control System Toolbox. MATLAB 5 для студентов. Москва : Диалог □ МИФИ, 1999, 287 с.	URL: https://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks38122	локальная сеть; свободный доступ

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

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows 8.1 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
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
Лабораторная работа	ПК с установленным ПО в комплекте: системный блок, монитор, клавиатура, мышь	10
Лекция	Проектор, экран, ПК или ноутбук, маркерная доска, маркер, интерактивная доска	1
Практическое занятие	Проектор, экран, ПК или ноутбук, маркерная доска, маркер, интерактивная доска	1

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

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

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

**для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине
«Теория автоматического управления»
*Приложение к рабочей программе дисциплины***

Направление подготовки: 15.03.06 Мехатроника и робототехника

**Направленность (профиль)
образовательной программы:** «Сервисные роботы и робототехнические
системы»
«Робототехника в автоматизированном
производстве»

Квалификация выпускника: «Бакалавр»

Выпускающая кафедра: Автоматики и телемеханики
Информационных технологий и
автоматизированных системы

Форма обучения: Очная

Курс: 3

Семестр: 5

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану: 4 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану: 144 ч.

Форма промежуточной аттестации:

Экзамен: 5 семестр

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. 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 РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (1-го семестра учебного плана) и разбито на 4 учебных модуля. 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 (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, выполнении практических заданий и лабораторных работ, выполнении индивидуального комплексного задания по дисциплине, сдаче экзамена и зачетов.

Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля					
	Текущий		Рубежный		Итоговый	
	С	ТО	ОЛР	Т/КР		Экзамен
Усвоенные знания						
3.1 знать основные подходы к синтезу линейных САУ; основные методы синтеза линейных непрерывных САУ; типовые законы управления; основные программные и аппаратные средства моделирования и исследования САУ		ТО		КР5		ТВ
3.2 знать основные принципы и законы функционирования систем автоматического управления; динамические и частотные характеристики САУ; • типовые звенья линейных систем автоматического управления; графические методы описания САУ с помощью структурных схем; метод построения ЛАЧХ; математическое описание САУ в пространстве				КР1 КР2 КР3 КР4		

состояния; основные положения теории устойчивости; алгебраические и частотные критерии устойчивости; основные показатели качества САУ и методы оценки качества САУ						
Освоенные умения						
У.1 уметь выбирать структуры и схемы автоматического регулирования и управления, осуществлять параметрическую оптимизацию регулирующих и управляющих устройств; синтезировать законы и алгоритмы оптимального управления объектами; анализировать качество управления; осуществлять моделирование САУ с помощью современных программных и аппаратных средств			ОЛР4			ПЗ
У.2 уметь использовать основные методы анализа САУ во временной и частотной областях; составлять и преобразовывать структурные схемы САУ и схемы переменных состояния; строить ЛАЧХ сложных систем; оценивать устойчивость САУ;4			ОЛР1 ОЛР2 ОЛР3			
Приобретенные владения						
В.1 владеть навыками анализа и синтеза линейных, дискретных и нелинейных САУ			ОЛР4			ПЗ
В.2 владеть навыками исследования и моделирования линейных, дискретных и нелинейных САУ с помощью стандартных программных средств			ОЛР1 ОЛР2 ОЛР3			ПЗ

С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); КЗ – кейс-задача (индивидуальное задание); ОЛР – отчет по лабораторной работе; Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КЗ – комплексное задание экзамена.

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде экзамена, 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 в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-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, усвоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты лабораторных работ и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

2.2.1. Защита лабораторных работ

Всего запланировано 4 лабораторные работы Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД.

Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.2.2. Рубежная контрольная работа

Согласно РПД запланировано 5 промежуточные контрольные работы (КР) после освоения студентами основных тем всех учебных модулей дисциплины:

- КР1 - «Функциональные схемы САУ»,
- КР2 – «Структурные схемы и правила их преобразования»,
- КР3 – «Методика построения ЛАЧХ»,
- КР4 – «Описание САУ в пространстве состояния»
- КР5- «Синтез линейных непрерывных САУ»

Типовые задания к контрольным работам:

- КР1 – По приведенному описанию составить функциональную схему САУ;
- КР2 – Рассчитать передаточную функцию САУ методом Мейсона;

- КР3 – Построить ЛАЧХ по передаточной функции САУ;
- КР4 – Составить описание САУ в пространстве состояния по заданной структурной схеме;
- КР5 – Расчет оптимальных параметров САУ корневым методом оценки качества;

2.3. Выполнение индивидуального комплексного задания по дисциплине

Для оценивания умений, как результата обучения по дисциплине, используются индивидуальное комплексное задание по дисциплине. Типовые задания по индивидуальному комплексному заданию по дисциплине приведены в рабочей программе дисциплины.

Типовые шкала и критерии оценки результатов защиты индивидуальных заданий приведены в общей части ФОС программы бакалавриата.

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.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде экзамена по дисциплине устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет по дисциплине «Теория автоматического управления» содержит тестовую часть, включающую 17 теоретических вопросов, и практическую часть, включающую 4 вопроса, содержащие типовые задачи.

Теоретическая часть билета оценивает освоение частей компетенций «Знать», практическая часть

1. Основные понятия и классификация
2. Математическое описание – классический метод – основные понятия
3. Динамические характеристики типовых звеньев
4. Частотные характеристики типовых звеньев
5. Передаточные функции типовых звеньев.
6. Структурные схемы
7. ЛАЧХ
8. Описание САУ в пространстве состояния
9. Устойчивость линейных непрерывных САУ (по Ляпунову, по корням характеристического уравнения)
10. Алгебраические критерии
11. Частотные критерии, запас устойчивости
12. Показатели качества.
13. Статические и астатические системы
14. Косвенные методы оценки качества
15. Обратные связи
16. Частотный метод синтеза
17. Типовые регуляторы

Практическая часть включает в себя задания на решение типовых задач по темам:

1. Определение основных характеристик типовых звеньев
2. Определение состояний устойчивости систем управления
3. Определение основных показателей качества косвенными методами
4. Типовая задача анализа САУ.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности всех заявленных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы

Перечень типовых заданий для проверки знаний, умений и владений представлен в приложении 1, 2.

2.4.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене

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

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

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 экзамене считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

3.2. Оценка уровня сформированности компетенций

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 экзамена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.

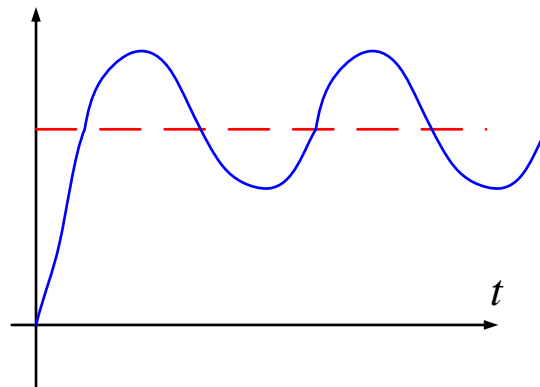
1. Нагрузка в системах автоматического управления – это

- a. величина, характеризующая влияние регулятора на объект;
- b. вредное влияние внешней среды, обусловленное побочными явлениями в объекте;
- c. внешние воздействия, обусловленные работой системы;
- d. внутренняя динамическая переменная объекта управления;
- e. нет правильного ответа

2. Фазочастотная характеристика определяется

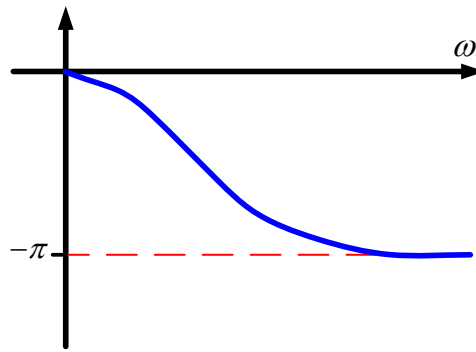
- a. $\phi(j\omega) = \operatorname{Re}(\omega) + j \operatorname{Im}(\omega)$
- b. $\phi(\omega) = \operatorname{arctg}\left(\frac{j \operatorname{Im}(\omega)}{\operatorname{Re}(\omega)}\right)$
- c. $\phi(\omega) = \sqrt{\operatorname{Re}^2(\omega) + \operatorname{Im}^2(\omega)}$
- d. $\phi(\omega) = \operatorname{arctg}\left(\frac{\operatorname{Im}(\omega)}{\operatorname{Re}(\omega)}\right)$
- e. $\phi(\omega) = \operatorname{arctg}\left(\frac{\operatorname{Re}(\omega)}{\operatorname{Im}(\omega)}\right)$

3. Определить, какая динамическая характеристика представлена на рисунке



- a. переходная характеристика апериодического звена
- b. переходная характеристика колебательного звена
- c. переходная характеристика реального интегрирующего звена
- d. переходная характеристика реального дифференцирующего звена
- e. переходная характеристика консервативного звена

4. На рисунке представлена

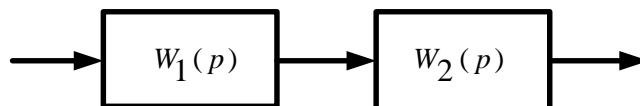


- a. фазочастотная характеристика реального интегрирующего звена;
- b. фазочастотная характеристика апериодического звена 1-го порядка;
- c. фазочастотная характеристика реального дифференцирующего звена
- d. фазочастотная характеристика колебательного звена;
- e. амплитудно-фазовая характеристика реального интегрирующего звена

5. Передаточная функция реального дифференцирующего звена имеет вид

- a. $W(t) = \frac{10t}{0.1t+1}$
- b. $W(p) = \frac{10p}{0.1p+1}$
- c. $W(p) = \frac{10}{0.1p+1}$
- d. $W(j\omega) = \frac{j10\omega}{1+j0.1\omega}$
- e. $W(p) = 10p$

6. Передаточная функция САУ, представленной на рисунке определяется следующим образом:



- a. $W(p) = W_1(p)W_2(p)$
- b. $W(p) = W_1(p) + W_2(p)$
- c. $W(p) = \frac{W_1(p)}{1+W_1(p)W_2(p)}$
- d. $W(p) = \frac{W_2(p)}{1-W_1(p)W_2(p)}$
- e. $W(p) = W_1(p) - W_2(p)$

$$W(p) = \frac{10p(p+1)}{(10p-1)}. \text{ Начальный участок}$$

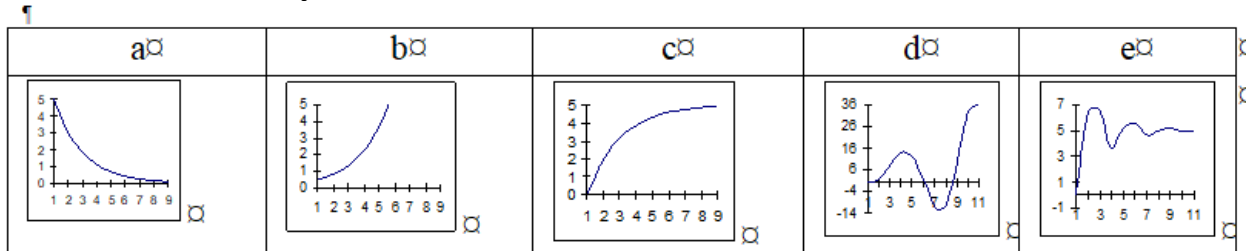
7. Дана передаточная функция ЛАЧХ будет иметь наклон:

- a. - 20 дб/дек
- b. 0 дб/дек
- c. + 20 дб/дек
- d. - 40 дб/дек
- e. + 40 дб/дек

8. В схеме переменных состояния основой является

- a. идеальное дифференцирующее звено
- b. идеальное усилительное звено
- c. идеальное интегрирующее звено
- d. реальное интегрирующее звено
- e. усилительное звено

9. Корень характеристического уравнения $p = -\alpha$. Переходный процесс в такой системе будет иметь вид:



10. Матрица Гурвица для $n = 4$ имеет вид:

- a.
$$\begin{bmatrix} a_1 & a_3 & a_5 & 0 \\ a_0 & a_2 & a_4 & 0 \\ 0 & a_1 & a_3 & a_5 \\ 0 & a_0 & a_2 & a_4 \end{bmatrix}$$
- b.
$$\begin{bmatrix} a_0 & a_2 & a_4 & 0 \\ a_1 & a_3 & 0 & 0 \\ 0 & a_0 & a_2 & a_4 \\ 0 & a_1 & a_3 & 0 \end{bmatrix}$$
- c.
$$\begin{bmatrix} a_0 & a_2 & a_4 & 0 \\ a_1 & a_3 & a_5 & 0 \\ 0 & a_0 & a_2 & a_4 \\ 0 & a_1 & a_3 & a_5 \end{bmatrix}$$

d.
$$\begin{bmatrix} a_1 & a_3 & 0 & 0 \\ a_0 & a_2 & a_4 & 0 \\ 0 & a_1 & a_3 & 0 \\ 0 & a_0 & a_2 & a_4 \end{bmatrix}$$

e. нет правильного ответа

$$W(p) = \frac{p+1}{2p^2 + p+1}$$

11. Дана передаточная функция разомкнутой системы
Выражение для годографа Найквиста имеет вид:

a.
$$W(j\omega) = \frac{j\omega+1}{-2\omega^2 + j\omega+1}$$

b.
$$W(j\omega) = \frac{-j\omega+1}{2\omega^2 - j\omega+1}$$

c.
$$W(j\omega) = \frac{j\omega+1}{2\omega^2 + j\omega+1}$$

d.
$$W(j\omega) = \frac{j\omega+1}{-2\omega^2 + j2\omega+2}$$

e.
$$D(j\omega) = -2\omega^2 + j\omega+1$$

12. Основными динамическими показателями качества являются:

- a. время переходного процесса, перерегулирование, ошибка в установившемся режиме
- b. время переходного процесса, ошибка в установившемся режиме
- c. перерегулирование, ошибка в установившемся режиме
- d. время переходного процесса, перерегулирование
- e. ошибка в установившемся режиме

13. Обобщенная вещественная характеристика $P(\omega \rightarrow \infty)$ определяет

- a. характер переходного процесса
- b. время переходного процесса
- c. перерегулирование
- d. статическую ошибку
- e. начало переходного процесса

14. Признаком астатической системы является наличие в ней

- a. апериодического звена
- b. интегрирующего звена
- c. дифференцирующего звена
- d. звена чистого запаздывания
- e. нет правильного ответа

15. Отрицательная жесткая обратная связь

- a. уменьшает запас устойчивости

- b. уменьшает статическую ошибку
- c. увеличивает время переходного процесса
- d. уменьшает время переходного процесса
- e. не оказывает влияние на динамику системы

16. При последовательной коррекции ЛАЧХ корректирующего устройства определяется по формуле:

- a. $L_{ку} = L_o - L_{жс}$
- b. $L_{ку} = L_o + L_{жс}$
- c. $L_{ку} = L_{жс} - L_o$
- d. $L_{ку} = L_{жс} - L_o - L_{ос}$
- e. $L_{ку} = L_o - L_{жс} - L_{ос}$

17. Передаточная функция ПД-регулятора имеет вид:

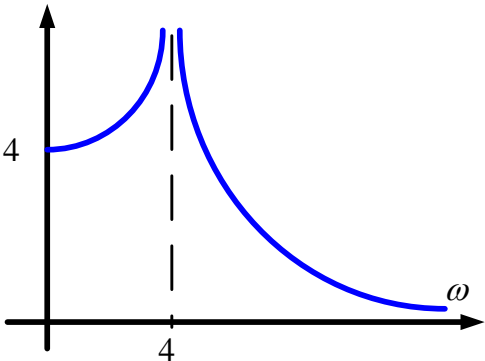
- a. $W(p) = \frac{5(p+1)}{p}$
- b. $W(p) = \frac{5(p+1)(3p+1)}{p}$
- c. $W(p) = 10$
- d. $W(p) = \frac{5p(p+1)(3p+1)}{p^2}$
- e. $W(p) = 10(p+1)$

Критерии оценки знаний по результатам теста

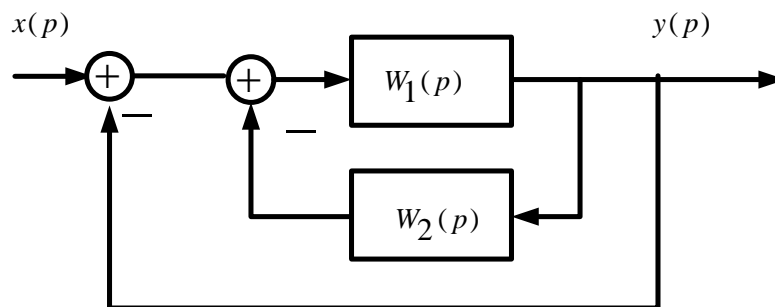
13 и более правильных ответов – оценка «удовлетворительно». Для получения оценки «хорошо» и «отлично» сдается 2-я часть (умения и владения)

Приложение 2.
Типовое задание для оценки умений и владений

1. По заданной характеристике определить тип и параметры звена и заполнить таблицу с вычисленными параметрами

Тип звена	Дифференциальное уравнение	W(p)	???
			

2. САУ представлена структурной схемой. Составить выражение для годографа Михайлова и Найквиста, если $W_1(p) = \frac{5}{10p^2 + 1}$, $W_2(p) = \frac{2}{p}$



Годограф Михайлова	Годограф Найквиста

3. Для двух САУ определены корни характеристического уравнения

1 $p_{1,2} = -1 \pm j5$

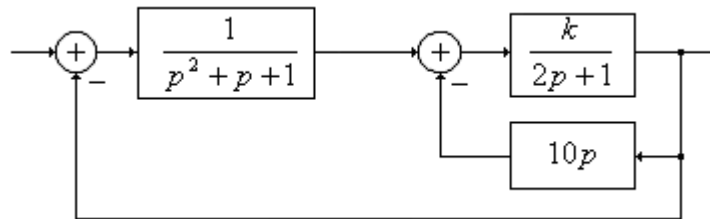
2 $p_{1,2} = -5 \pm j5$

У первой САУ перерегулирование _____, чем у второй, потому что

У первой САУ время переходного процесса _____, чем у второй, потому что

У первой САУ статическая ошибка _____, чем у второй, потому что

4. При каком значении k данная система будет устойчивой?



Критерии оценки умений и владений по результатам выполнения практических заданий экзамена

1-3 задание оценивается в 20 баллов, 4-е задание – 40 баллов.

Оценка «отлично» - более 80 баллов; оценка «хорошо» - от 60 до 79 баллов; оценка «удовлетворительно» - ниже 60 баллов.