

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Ряполов Петр Алексеевич

Должность: декан ЕНФ

Дата подписания: 14.02.2020

Уникальный программный ключ:

efd3ecd9d183f7649d0e3a33c230c6662946c7c99039b2b268921fde408c1fb6

## **Аннотация к рабочей программе дисциплины**

### **«Управление мехатронными системами и сервисными роботами»**

#### **Цель преподавания дисциплины**

Формирование у студентов знаний основных положений теории систем автоматического управления, методов расчета микропроцессорных систем, теории цифровых фильтров и методов их синтеза, методов задания программных движений и адаптивного управления движением мехатронных систем и сервисных роботов, а также основ теории оптимального управления и способов принятия решений в интеллектуальных системах.

#### **Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины**

ПК-1 – способность составлять математические модели мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных элементов и модулей, включая информационные, электромеханические, гидравлические, электрогидравлические, электронные устройства и средства вычислительной техники.

ПК-2 – способность разрабатывать программное обеспечение, необходимое для обработки информации и управления в мехатронных и робототехнических системах, а также для их проектирования.

ПК-3 – способностью разрабатывать экспериментальные макеты управляющих, информационных и исполнительных модулей мехатронных и робототехнических систем и проводить их экспериментальное исследование с применением современных информационных технологий

ПК-11 – способностью производить расчеты и проектирование отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием

#### **Разделы дисциплины**

Основные понятия в области управления мехатронными системами и сервисными роботами. Структура системы управления. Аппаратные средства систем компьютерного управления.

Математические модели и методы анализа компьютерных систем управления мехатронными системами и сервисными роботами. Синтез цифровых систем управления движением. Алгоритмическое и программное обеспечение компьютерных систем управления. Формы и методы задания программных движений. Интерполяция траекторий. Алгоритмы позиционного,

скоростного и силового управления движением мехатронных систем и сервисных роботов. Структуры и методы адаптивного управления движением мехатронных систем и сервисных роботов. Оптимальное управление мехатронными системами и сервисными роботами. Способы и алгоритмы принятия решений в интеллектуальных системах управления.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Юго-Западный государственный университет

«УТВЕРЖДАЮ»

Декан естественно-научного  
факультета

 П.А. Ряполов

« 31 » 08 20 19 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Управление мехатронными системами и сервисными роботами  
(наименование дисциплины)

направление подготовки (специальность) 15.03.06  
(шифр согласно ФГОС ВО)

Мехатроника и робототехника  
и наименование направления подготовки (специальности)

Сервисная робототехника  
наименование направления (профиля)

форма обучения очная  
(очная, очно-заочная, заочная)

Курск – 2019

Рабочая программа дисциплины «Управление мехатронными системами и сервисными роботами» составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования направления подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника, утвержденного 12.03.2015 г., регистрационный номер 206, а также на основании учебного плана направления 15.03.06 Мехатроника и робототехника, одобренного Учёным советом Юго-Западного государственного университета 29.03.2019 г., протокол №7.

Рабочая программа обсуждена и рекомендована к применению в учебном процессе для обучения студентов по направлению 15.03.06 Мехатроника и робототехника на заседании кафедры механики, мехатроники и робототехники 30.08.2019 г., протокол №1.

Зав. кафедрой  
механики, мехатроники и робототехники,



С.Ф. Яцун

Разработчики программы:  
д.т.н., профессор



С.Ф. Яцун

к.т.н., доцент



Б.В. Лушников

к.т.н., доцент



А.С. Яцун

Директор научной библиотеки



В.Г. Макаровская

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и рекомендована к применению в образовательном процессе на основании учебного плана направления подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника, одобренного Ученым советом университета протокол № 7 «29.03.2019 г. на заседании кафедры ММ и Р «28» 08 2020 г., протокол № 1

Зав. кафедрой



Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и рекомендована к применению в образовательном процессе на основании учебного плана направления подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника, одобренного Ученым советом университета протокол № 7 «25.02 2020 г. на заседании кафедры ММ и Р «28» 08 2020 г., протокол № 1

Зав. кафедрой



Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и рекомендована к применению в образовательном процессе на основании учебного плана направления подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника, одобренного Ученым советом университета протокол № 7 «25.02 2020 г. на заседании кафедры ММ и Р «28» 08 2021 г., протокол № 1

Зав. кафедрой



Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и рекомендована к применению в образовательном процессе на основании учебного плана направления подготовки 15.03.06, Мехатроника и робототехника  
(Сервисная робототехника), одобренного Ученым советом университета протокол № 7 «25» 02 2020 г. на заседании кафедры ММММР «31» 08 2022 г., протокол № 1

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

 Изудин С.Ф.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и рекомендована к применению в образовательном процессе на основании учебного плана направления подготовки 15.03.06, Мехатроника и робототехника  
ИИ, одобренного Ученым советом университета протокол № 9 «25» 06 2021 г. на заседании кафедры ММММР «31» 08 2023 г., протокол № 1

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

 Изудин С.Ф.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и рекомендована к применению в образовательном процессе на основании учебного плана направления подготовки \_\_\_\_\_, одобренного Ученым советом университета протокол № \_\_ « » 20\_\_ г. на заседании кафедры « » 20\_\_ г., протокол № \_\_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и рекомендована к применению в образовательном процессе на основании учебного плана направления подготовки \_\_\_\_\_, одобренного Ученым советом университета протокол № \_\_ « » 20\_\_ г. на заседании кафедры « » 20\_\_ г., протокол № \_\_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и рекомендована к применению в образовательном процессе на основании учебного плана направления подготовки \_\_\_\_\_, одобренного Ученым советом университета протокол № \_\_ « » 20\_\_ г. на заседании кафедры « » 20\_\_ г., протокол № \_\_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и рекомендована к применению в образовательном процессе на основании учебного плана направления подготовки \_\_\_\_\_, одобренного Ученым советом университета протокол № \_\_ « » 20\_\_ г. на заседании кафедры « » 20\_\_ г., протокол № \_\_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

## **1 Цель и задачи дисциплины. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

### **1.1 Цель дисциплины**

Целью изучения курса является освоение студентами теоретических основ, методов и средств автоматического управления приводами мехатронных устройств и сервисных роботов, а также математического аппарата моделирования и исследования мехатронных и робототехнических систем.

### **1.2 Задачи дисциплины**

- Изучение методов анализа и синтеза систем автоматического регулирования (САР); анализа устойчивости линейных САР; анализа и синтеза дискретных, цифровых и нелинейных систем автоматического управления;
- Владение теоретическими основами и практическими навыками математического компьютерного моделирования систем автоматического управления, оценки качества их функционирования, разработки методов коррекции и регулирования.
- Умение разрабатывать многоканальные структурные схемы САУ и алгоритмы их функционирования для обеспечения задач программного управления приводами мехатронных устройств и управления движением мобильных робототехнических систем в автономных или операторных режимах с помощью средств навигации и технического зрения.
- Изучение современных основ применения искусственного интеллекта для задач управления техническими объектами и робототехническими устройствами.

### **1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

В процессе изучения дисциплины «Управление мехатронными системами и сервисными роботами» происходит формирование следующих профессиональных компетенций:

#### **профессиональные компетенции:**

- способность составлять математические модели мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных элементов и модулей, включая информационные, электромеханические, гидравлические, электрогидравлические, электронные устройства и средства вычислительной техники (**ПК-1**);

- способность разрабатывать программное обеспечение, необходимое для обработки информации и управления в мехатронных и робототехнических системах, а также для их проектирования (**ПК-2**);

способность разрабатывать экспериментальные макеты управляющих, информационных и исполнительных модулей мехатронных и робототехнических систем и проводить их экспериментальное исследование с применением современных информационных технологий (**ПК-3**);

- способность производить расчеты и проектирование отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием (**ПК-11**).

В результате изучения дисциплины студент должен

**знать:**

- методы и средства математического компьютерного моделирования систем автоматического управления.
- теоретические методы анализа и проектирования САУ;
- методы расчета и проектирования систем автоматического управления мехатронных и робототехнических устройств с использованием вычислительной техники;
- теоретические основы функционирования алгоритмов обработки информационных сигналов датчиков и средств навигации для формирования программного управления движением мехатронных и робототехнических систем, в том числе мобильных роботов.
- современные методы экспериментальных исследований систем управления мехатронных и РТС.

-  
-

**уметь:**

- анализировать поведение систем автоматического управления (САУ);
- определять количественные показатели качества САУ на основе анализа переходного процесса;
- оценивать качество функционирования САУ: точность, устойчивость;
- формулировать и решать задачи программного управления движением мехатронных и РТС, в частности, мобильных и сервисных роботов;
- реализовывать современные подходы к процессам экспериментальных исследований систем управления, навигации и технического зрения робототехнических устройств и мобильных роботов.
- .....
- .....
- .....
- пользоваться справочной литературой;

**владеть:**

- навыками и умением составлять структурные схемы реальных систем автоматического управления, определять передаточные функции составных элементов структурной схемы САУ.
- методами и средствами компьютерного моделирования систем автоматического управления.
- навыками анализа и синтеза САУ с заданными параметрами и показателями качества;
- приемами синтеза регуляторов для обеспечения требуемых характеристик проектируемой САУ с учетом её возможной нелинейности, наличия запаздывания или параметрической неопределенности.
- представлениями и практическими навыками анализа и синтеза дискретных регуляторов в гибридных и цифровых САУ;
- навыками реализации алгоритмов формирования управляющих сигналов САУ мехатронными и робототехническими устройствами, в том числе сервисными и мобильными роботами. .
- методами экспериментальных исследований и макетирования средств управления, навигации технического зрения, используемых в мехатронных и робототехнических системах;
- .....

## **2 Указание места дисциплины в структуре образовательной программы**

«Управление мехатронными системами и сервисными роботами» представляет

дисциплину с индексом Б1.В.13 обязательных предметов вариативной части учебного плана направления подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника, изучаемую на 3-м и 4 -м курсах в 5-м, 6-м, 7-м и 8-м семестрах.

**3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоёмкость (объём) дисциплины составляет 19 зачетных единиц (з.е.), 684 академических часа

Таблица 3 – Объём дисциплины

Виды учебной работы	Всего, часов	5 семестр	6 семестр	7 семестр	8 семестр
Общая трудоёмкость дисциплины	684	180	180	216	108
Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего)	310	73,15	90,1	108,1	38,65
в том числе:					
лекции	54	18	18	18	18
лабораторные занятия	108	36	36	36	-
практические занятия	108	18	36	54	18
экзамен	2,3 (6, 8 семестры)	1,15	-	-	1,15
зачет	0,2 (5, 7 семестры)	-	0,1	0,1	-
курсовая работа (проект)	1,5	не предусмотрен	не предусмотрен	не предусмотрен	1,5
расчетно-графическая (контрольная) работа	не предусмотрена	не предусмотрен	не предусмотрен	не предусмотрен	не предусмотрен
Аудиторная работа (всего):	306	72	90	108	36
в том числе:					
лекции	72	18	18	18	18
лабораторные занятия	108	36	36	36	-
практические занятия	126	18	36	54	18
Самостоятельная работа обучающихся (всего)	302	70,85	89,9	107,9	33,35
Контроль/экзамен (подготовка к экзамену)	72	36	-	-	36

## 4 Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

### 4.1 Содержание дисциплины

Таблица 4.1.1 - Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Содержание
1	2	3
1	Введение. Анализ линейных систем автоматического управления (САУ).	Основные положения, цель и задачи изучения дисциплины. Примеры автоматических систем. Основные понятия и определения, используемые в теории автоматического управления. Принципы автоматического регулирования. Классификация автоматических систем. Программы и законы регулирования. Демонстрационные примеры САУ. Линеаризация дифференциальных уравнений (ДУ) систем автоматического регулирования (САР). Формы записи линеаризованных уравнений. Единичная функция, дельта-функция и переходная функция. Частотная передаточная функция (ПФ), частотные характеристики. Типовые звенья САР. Позиционные звенья. Интегрирующие звенья. Дифференцирующие звенья.
2	Оценка точности САУ. Методы обеспечения требуемой точности САУ.	Основные подходы к оценке качества систем и общие понятия о соответствующих критериях. Точность САР в типовых режимах. Коэффициенты ошибок. Постановка задачи повышения точности систем, обзор используемых методов. Увеличение коэффициента усиления разомкнутой цепи, как метод повышения точности. Повышение степени астатизма, как метод повышения точности. Введение неединичных обратных связей.
3	Устойчивость линейных САУ.	Понятие устойчивости для линейных САР. Анализ устойчивости линейных САР. Условия устойчивости, типы границы устойчивости. Критерий устойчивости Гурвица. Критерий устойчивости Михайлова. Критерий устойчивости Найквиста. Свойства, примеры годографов Найквиста. Определение устойчивости по ЛАЧХ & ЛФЧХ (диаграммы Боде).

4	Синтез линейных САУ. Методы обеспечения требуемого качества функционирования САУ.	Методы оценки качества функционирования САУ. Показатели качества переходного процесса. Оценка запаса устойчивости и быстродействия по переходной характеристике. Корневые методы оценки качества (колебательность, степень быстродействия). Интегральные оценки качества (линейная, квадратичная, улучшенная). Частотные критерии качества. Показатель колебательности. Линейные непрерывные законы регулирования (пропорциональное регулирование, интегральное регулирование, издромное регулирование, регулирование с использованием производных). Промышленные регуляторы. Постановка задачи коррекции систем, обзор используемых методов. Способы введения корректирующих звеньев. Практическая реализация последовательных корректирующих звеньев. Применение корректирующих обратных связей. Управляемость и наблюдаемость систем.
5	САУ с переменными (var) параметрами САУ с запаздыванием.	Реакции САУ с переменными параметрами на стандартные возмущения $1(t)$ и $\square(t)$ . Отыскание ПФ систем с var-параметрами. Устойчивость и качество регулирования систем с var-параметрами. Синтез параметрических систем. Анализ и синтез робастных САУ. ПФ звена чистого запаздывания. Линеаризованные аппроксиматоры звена временного запаздывания, вопросы адекватности. Устойчивость и качество регулирования.
6	Нелинейные системы автоматического управления. Анализ и синтез нелинейной САУ.	Понятие о нелинейных САУ. Релейные системы, их достоинства и недостатки. Свойства и методы исследования нелинейных САУ, особенности устойчивости. Метод гармонической линеаризации. Эквивалентный комплексный коэффициент усиления нелинейного элемента. Исследование устойчивости автоколебаний методом гармонической линеаризации. Анализ устойчивости систем методом фазовой плоскости. Фазовые траектории для линейных систем. Пример исследования вибрационной системы регулирования напряжения.
7	Дискретные системы автоматического управления, их математическое описание и исследование.	Импульсные системы; виды модуляции. Типовая структура импульсной системы. Решетчатые функции. Математические операции с решетчатыми функциями. Разностные уравнения. Z-преобразование. Математическая модель реального импульсного элемента. Понятие дискретной ПФ. Правила преобразования структурных схем дискретных систем.
8	Синтез цифровых корректирующих устройств и их микропроцессорная реализация. Основы теории нечеткого управления, регулятор, основанный на нечеткой логике.	Системы с ЦВМ, общие понятия. Процессы, протекающие в системах с ЦВМ. Методика вывода дискретных ПФ. Дискретное представление непрерывных регуляторов. Модифицированные законы регулирования. Алгоритмы составления программ, реализующих ПФ на ЦВМ. Примеры составления программ для ЦВМ. Основы теории нечеткого управления, регулятор, основанный на нечеткой логике.



<b>Итого 7 семестр:</b>	<b>18</b>	<b>36</b>	<b>54</b>		3, 7 семестр
<b>8 семестр</b>					
					ЗКП , 8 неделя
<b>Итого 8 семестр:</b>	<b>18</b>	<b>-</b>	<b>18</b>		Э, 8 семестр
<b>ВСЕГО 5, 6, 7, 8 семестры:</b>	<b>54</b>	<b>108</b>	<b>108</b>		

*Примечание:* ЗЛР – защита лабораторной работы, Ко – контрольный опрос, ВКП – выдача задания на курсовой проект, ЗКП – защита курсового проекта

## 4.2 Лабораторные работы и (или) практические занятия

### 4.2.1 Лабораторные работы

Таблица 4.2.1 Лабораторные работы

№ п.п.	Название лабораторной работы	Объем в часах
<b>5 семестр</b>		
1	Моделирование линейных систем автоматического управления	6
2	Типовые динамические звенья САУ	6
3	Анализ точности систем автоматического управления	6
4	Исследование устойчивости САУ	6
5	Коррекция статических свойств САУ	6
6	Коррекция динамических свойств САУ (настройка ПИД-регулятора)	6
<b>Итого 5 семестр:</b>		<b>36</b>
<b>6 семестр</b>		
7	Синтез и анализ робастной САУ	4
8	Исследование устойчивости и качества линейной САУ с запаздыванием	4
9	Исследование устойчивости и качества нелинейной САУ с ПИД-регулятором	4
10	Проектирование дискретного ПИД-регулятора с применением инструментария моделирующих пакетов MATLAB /Simulink, MathCAD, VisSim	6
11	Связь частотных характеристик разомкнутой системы с временными характеристиками замкнутой САУ	4
12	Исследование систем подчиненного регулирования в пакете MATLAB (настройка на симметричный оптимум)	4
13	Исследование частотных характеристик звеньев систем автоматического управления	4
14	Настройка Fuzzy Logic регулятора	6
<b>Итого 6 семестр:</b>		<b>36</b>
<b>Итого 7 семестр:</b>		<b>36</b>
<b>ИТОГО за 5, 6 и 7 семестры:</b>		<b>108</b>

### 4.2.2 Практических занятия

Таблица 4.2.2 – Практические занятия

№ п.п.	Название(тема) практического занятия	Объем в часах
<b>5 семестр</b>		
1	Порядок составления структурных схем САУ	4
2	Типовые динамические звенья САУ	2
3	Анализ точности систем автоматического управления	4
4	Исследование устойчивости САУ	4
5	Коррекция динамических свойств САУ. Настройка ПИД-регулятора линейной САУ	4
<b>Итого 5 семестр:</b>		<b>18</b>
<b>6 семестр</b>		
6	Синтез и анализ робастной САУ	4

7	Порядок выполнения курсовой работы	4
8	Исследование устойчивости и качества линейной САУ с запаздыванием	4
9	Исследование устойчивости и качества нелинейной САУ с ПИД-регулятором	4
10	Проектирование дискретного ПИД-регулятора с применением инструментария моделирующих пакетов MATLAB/Simulink, MathCAD, VisSim	4
11	Связь частотных характеристик разомкнутой системы с временными характеристиками замкнутой САУ	4
12	Исследование систем подчиненного регулирования в пакете MATLAB (настройка на симметричный и технический оптимум)	4
<b>Итого 6 семестр:</b>		<b>36</b>
<b>7 семестр</b>		
<b>Итого 7 семестр:</b>		<b>54</b>
<b>8 семестр</b>		
<b>Итого 8 семестр:</b>		<b>18</b>
<b>ИТОГО за 5, 6, 7 и 8 семестры:</b>		<b>108</b>

#### 4.3 Самостоятельная работа студентов (СРС)

Таблица 4.3 – Самостоятельная работа студентов

№	Наименование раздела дисциплины	Срок выполнения	Время, затрачиваемое на выполнение СРС, час.
<b>5 семестр</b>			
1	Методы анализа и синтеза систем автоматического регулирования (САУ).	3 неделя	6
2	Оценка точности САУ.	5 неделя	6
3	Методы обеспечения требуемой точности САУ.	7 неделя	6
4	Устойчивость САУ.	9 неделя	6
5	Методы оценки качества функционирования САУ	11 неделя	6
6	Методы обеспечения требуемого качества функционирования САУ.	13 неделя	6
7	Промышленные регуляторы.	15 неделя	6
8	Синтез линейных САУ	17 неделя	6
	Оформление лабораторных работ	3-17 недели	22,85
<b>Итого 5 семестр:</b>			<b>70,85</b>
<b>Экзамен (подготовка к экзамену) 5 семестр</b>			<b>36</b>
<b>6 семестр</b>			
1.	САУ с переменными (var) параметрами.	1-2 неделя	6
2.	Нелинейные системы автоматического управления	3-4 неделя	6
3.	Дискретные системы автоматического управления,	5-6 неделя	6

	их математическое описание и исследование.		
4	Дискретное представление непрерывных регуляторов	7-8 неделя	6
5	ПФ системы с экстраполятором нулевого порядка и звеном запаздывания.	9-10 неделя	6
6	Синтез цифровых корректирующих устройств и их микропроцессорная реализация.	11-12 неделя	6
7	Математическая модель реального импульсного элемента.	13-14 неделя	6
8	Выполнение разделов курсового проекта	2-18 неделя	62
<b>Итого 6 семестр:</b>			<b>89,9</b>
<b>7 семестр</b>			
<b>Итого 7 семестр:</b>			<b>107,9</b>
<b>8 семестр</b>			
<b>Итого 8 семестр:</b>			<b>33,35</b>
<b>Экзамен (подготовка к экзамену) 8 семестр</b>			<b>36</b>
<b>Итого за 5, 6, 7 и 8 семестры</b>			<b>302</b>

### **5 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

Студенты могут при самостоятельном изучении отдельных тем и вопросов дисциплин пользоваться учебно-наглядными пособиями, учебным оборудованием и методическими разработками кафедры в рабочее время, установленное Правилами внутреннего распорядка работников.

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся по данной дисциплине организуется:

*библиотекой университета:*

- библиотечный фонд укомплектован учебной, методической, научной, периодической, справочной и художественной литературой в соответствии с УП и данной РПД;

- имеется доступ к основным информационным образовательным ресурсам, информационной базе данных, в том числе библиографической, возможность выхода в Интернет.

*кафедрой:*

- путем обеспечения доступности всего необходимого учебно-методического и справочного материала;

- путем предоставления сведений о наличии учебно-методической литературы, современных программных средств.

- путем разработки:

- методических рекомендаций, пособий по организации самостоятельной работы студентов;

- заданий для самостоятельной работы;

- тем рефератов и докладов;

- вопросов к экзаменам и зачетам;

–методических указаний к выполнению практических работ и т.д.

*редакционно-издательским отделом и типографией университета:*

- помощь авторам в подготовке и издании научной, учебной и методической литературы.

## 6 Образовательные технологии

В соответствии с требованиями ФГОС по направлению подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ 12.03.2015 г., регистрационный № 206, реализация компетентностного подхода должна предусматривать широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков студентов. В рамках курса практикуется участие студентов в научно-технических выставках, конференциях, практических семинарах, посвященных различным аспектам современных мехатронных и робототехнических систем. Это позволяет обучающимся закреплять на практике изучаемые теоретические разделы дисциплины, наглядно представлять проблемы систем автоматизации и пути их решения.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, составляет 18,3 % аудиторных занятий согласно УП.

Таблица 6.1 – Интерактивные образовательные технологии, используемые при проведении аудиторных занятий

№	Наименование раздела (лекции, практического или лабораторного занятия)	Используемые интерактивные образовательные технологии	Объем, час.
<b>5 семестр</b>			
1	Лабораторная работа. Моделирование линейных систем автоматического управления.	Компьютерная симуляция	3
2	Лабораторная работа. Типовые динамические звенья САУ	Компьютерная симуляция	3
3	Лабораторная работа. Анализ точности систем автоматического управления	Компьютерная симуляция	3
4	Лабораторная работа. Коррекция статических свойств САУ	Компьютерная симуляция	3
5	Лабораторная работа. Исследование устойчивости САУ	Компьютерная симуляция	3
6	Лабораторная работа. Коррекция динамических свойств САУ (настройка ПИД-регулятора)	Компьютерная симуляция	3
7	Лекция. Устойчивость САУ.	Компьютерная презентация.	2
8	Лекция. Оценка качества САУ по характеристикам переходного процесса.	Компьютерная презентация.	2
<b>Итого 5 семестр:</b>			<b>22</b>
<b>6 семестр</b>			
1	Лабораторная работа. Синтез и анализ робастной САУ	Компьютерная симуляция	2
2	Лабораторная работа. Исследование устойчивости и качества нелинейной САУ с ПИД-регулятором	Компьютерная симуляция	2
3	Лабораторная работа. Лабораторная работа. Синтез и анализ робастной САУ в среде Simulink/MATLAB.	Компьютерная симуляция	2
	Лабораторная работа. Синтез Fuzzy Logic регулятора	Компьютерная	2

4		симуляция	
5	Лекция. САУ с переменными параметрами.	Компьютерная презентация	2
6	Практическое занятие. Настройка ПИД-регулятора линейной САУ	Альтернативный поиск решения	2
7	Практическое занятие. Использование теории нечетких множеств для управления техническими системами. Нечеткий регулятор.	Компьютерная презентация	2
<b>Итого 6 семестр:</b>			<b>14</b>
<b>7 семестр</b>			
<b>Итого 7 семестр:</b>			<b>18</b>
<b>8 семестр</b>			
	Практическое занятие.	Компьютерная презентация	2
<b>Итого 8 семестр:</b>			<b>2</b>
<b>Итого за 5, 6, 7 и 8 семестры</b>			<b>56</b>

## 7 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Формами *промежуточного контроля* по дисциплине являются экзамен (5-й и 8-й семестры) и зачет (6-й и 7-й семестры).

### 7.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Таблица 7.1 Этапы формирования компетенции

Код и содержание компетенции	Этапы формирования компетенций и дисциплины (модули), при изучении которых формируется данная компетенция		
	начальный	основной	завершающий
1	2	3	4
ПК-1 - способность составлять математические модели мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных элементов, и модулей, включая информационные, электромеханические, гидравлические, электрогидравлические, электронные устройства и средства вычислительной техники.	Теоретическая механика, Динамика механических систем, Компьютерные системы математического моделирования, Механика машин.	Механика роботов, Гидравлические приводы мехатронных устройств, (Гидравлические приводы робототехнических устройств), Электрические приводы мехатронных и робототехнических устройств.	Моделирование мехатронных систем (Моделирование роботов), Научно-исследовательская работа.
		<b>Управление мехатронными системами и сервисными роботами,</b>	
ПК-2 - способность разрабатывать программное обеспечение, необходимое для обработки информации и управления в мехатронных и робототехнических системах, а также для их проектирования.	Механика машин, Прикладная механика	<b>Управление мехатронными системами и сервисными роботами, Проектирование мехатронных систем</b>	
		Программирование на языках низкого уровня	Микропроцессорная техника в мехатронике и робототехнике, Силовые электронные устройства в мехатронике, (Программное обеспечение мехатронных систем и роботов), НИР.

ПК-3 - способность разрабатывать экспериментальные макеты управляющих, информационных и исполнительных модулей мехатронных и робототехнических систем и проводить их экспериментальное исследование с применением современных информационных технологий.		<b>Управление мехатронными системами и сервисными роботами</b>	УИР, НИР
		Информационные устройства в мехатронике и робототехнике.	
	Применение сервисных роботов.		
ПК-11 - способность производить расчеты и проектирование отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием.	Электротехника, Детали мехатронных модулей, роботов и их конструирование.	<b>Управление мехатронными системами и сервисными роботами, Проектирование мехатронных систем,</b>	Микропроцессорная техника в мехатронике и робототехнике, Системы автоматического проектирования электронных компонентов (Системы автоматизированного проектирования элементов конструкций).
		Конструирование мехатронных модулей (Конструирование сервисных роботов), Гидравлические приводы мехатронных устройств, (Гидравлические приводы робототехнических устройств), Электронные устройства мехатронных и робототехнических систем, Детали мехатронных модулей, роботов и их конструирование, Системы автоматизированного проектирования элементов конструкций, Системы автоматизированного проектирования электронных	

		<b>КОМПОНЕНТОВ</b>	
--	--	--------------------	--

## 7.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Таблица 7.2 Показатели и критерии определения уровня сформированности компетенций (частей компетенций)

Код компетенции (или её части)	Показатели оценивания компетенций	Критерии и шкала оценивания компетенции		
		Пороговый (удовлетворительный)	Продвинутый (хорошо)	Высокий (отлично)
1	2	3	4	5
<b>ПК-1</b> (основной, завершающий)	<p>1. Доля освоенных обучающимся знаний, умений и навыков от общего объема ЗУН, установленных в п.1.3 РПД.</p> <p>2. Качество освоенных обучающимся знаний, умений и навыков.</p> <p>3. Умение применять знания, умения и навыки в типовых и нестандартных ситуациях.</p>	<p>Обладает <b>удовлетворительными знаниями:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методов и средств математического моделирования систем автоматического управления.</li> <li>- теоретических методов анализа и проектирования САУ;</li> </ul> <p><b>Удовлетворительно умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- анализировать поведение систем автоматического управления (САУ);</li> <li>- определять количественные показатели качества САУ на основе анализа переходного процесса;</li> <li>- оценивать качество функционирования САУ: точность, устойчивость;</li> <li>- пользоваться справочной литературой.</li> </ul> <p><b>Удовлетворительно владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками и умением составлять структурные схемы реальных систем</li> </ul>	<p>Обладает <b>хорошими знаниями:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методов и средств математического моделирования систем автоматического управления.</li> <li>- теоретических методов анализа и проектирования САУ;</li> </ul> <p><b>Хорошо умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- анализировать поведение систем автоматического управления (САУ);</li> <li>- определять количественные показатели качества САУ на основе анализа переходного процесса;</li> <li>- оценивать качество функционирования САУ: точность, устойчивость;</li> <li>- пользоваться справочной литературой.</li> </ul> <p><b>Хорошо владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками и умением составлять структурные схемы реальных систем автоматического управления, определять</li> </ul>	<p>Обладает <b>отличными знаниями:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методов и средств математического моделирования систем автоматического управления.</li> <li>- теоретических методов анализа и проектирования САУ;</li> </ul> <p><b>Отлично умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- анализировать поведение систем автоматического управления (САУ);</li> <li>- определять количественные показатели качества САУ на основе анализа переходного процесса;</li> <li>- оценивать качество функционирования САУ: точность, устойчивость;</li> <li>- пользоваться справочной литературой.</li> </ul> <p><b>Отлично владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками и умением составлять структурные схемы</li> </ul>

		<p>автоматического управления, определять передаточные функции составных элементов структурной схемы САУ.</p> <p>-методами и средствами компьютерного моделирования систем автоматического управления.</p> <p>- навыками анализа и синтеза САУ с заданными параметрами и показателями качества;</p> <p>- приемами синтеза регуляторов для обеспечения требуемых характеристик проектируемой САУ с учетом её возможной нелинейности, наличия запаздывания или параметрической неопределенности.</p> <p>- представлениями и практическими навыками анализа и синтеза дискретных регуляторов в гибридных и цифровых САУ.</p>	<p>передаточные функции составных элементов структурной схемы САУ.</p> <p>-методами и средствами компьютерного моделирования систем автоматического управления.</p> <p>- навыками анализа и синтеза САУ с заданными параметрами и показателями качества;</p> <p>- приемами синтеза регуляторов для обеспечения требуемых характеристик проектируемой САУ с учетом её возможной нелинейности, наличия запаздывания или параметрической неопределенности.</p> <p>- представлениями и практическими навыками анализа и синтеза дискретных регуляторов в гибридных и цифровых САУ.</p>	<p>реальных систем автоматического управления, определять передаточные функции составных элементов структурной схемы САУ.</p> <p>-методами и средствами компьютерного моделирования систем автоматического управления.</p> <p>- навыками анализа и синтеза САУ с заданными параметрами и показателями качества;</p> <p>- приемами синтеза регуляторов для обеспечения требуемых характеристик проектируемой САУ с учетом её возможной нелинейности, наличия запаздывания или параметрической неопределенности.</p> <p>- представлениями и практическими навыками анализа и синтеза дискретных регуляторов в гибридных и цифровых САУ.</p>
--	--	---	--	---

<p><b>ПК-2</b> (основно й, заверша ющий)</p>	<p>4. Доля освоенных обучающимс я знаний, умений и навыков от общего объема ЗУН, установленн ых в п.1.3 РПД.</p> <p>5. Качес тво освоенных обучающимс я знаний, умений и навыков.</p> <p>Умение применять знания, умения и навыки в типовых и нестандартн ых ситуациях.</p>	<p>Обладает <b>удовлетворительны ми знаниями:</b> теоретических основ функционирования алгоритмов обработки информационных сигналов датчиков и средств навигации для формирования программного управления движением мехатронных и робототехнических систем, в том числе мобильных роботов.</p> <p><b>Удовлетворительно умеет:</b> формулировать и решать задачи программного управления движением мехатронных и РТС, в частности, мобильных и сервисных роботов.</p> <p><b>Удовлетворительно владеет:</b> навыками реализации алгоритмов формирования управляющих сигналов САУ мехатронными и робототехническими устройствами, в том числе сервисными и мобильными роботами.</p>	<p>Обладает <b>хорошими знаниями:</b> теоретических основ функционирования алгоритмов обработки информационных сигналов датчиков и средств навигации для формирования программного управления движением мехатронных и робототехнических систем, в том числе мобильных роботов.</p> <p><b>Хорошо умеет:</b> формулировать и решать задачи программного управления движением мехатронных и РТС, в частности, мобильных и сервисных роботов.</p> <p><b>Хорошо владеет:</b> навыками реализации алгоритмов формирования управляющих сигналов САУ мехатронными и робототехническими устройствами, в том числе сервисными и мобильными роботами.</p>	<p>Обладает <b>отличными знаниями:</b> теоретических основ функционирования алгоритмов обработки информационных сигналов датчиков и средств навигации для формирования программного управления движением мехатронных и робототехнических систем, в том числе мобильных роботов.</p> <p><b>Отлично умеет:</b> формулировать и решать задачи программного управления движением мехатронных и РТС, в частности, мобильных и сервисных роботов.</p> <p><b>Отлично владеет:</b> навыками реализации алгоритмов формирования управляющих сигналов САУ мехатронными и робототехнически ми устройствами, в том числе сервисными и мобильными роботами.</p>

<p><b>ПК-3</b> (основно й, заверша ющий)</p>	<p>6. Доля освоенных обучающимс я знаний, умений и навыков от общего объема ЗУН, установленн ых в п.1.3 РПД.</p> <p>7. Качес тво освоенных обучающимс я знаний, умений и навыков.</p> <p>Умение применять знания, умения и навыки в типовых и нестандартн ых ситуациях.</p>	<p>Обладает <b>удовлетворительны ми знаниями:</b> в области современных экспериментальных исследований систем управления мехатронных и РТС.</p> <p><b>Удовлетворительно умеет:</b> реализовывать современные подходы к процессам экспериментальных исследований систем управления, навигации и технического зрения робототехнических устройств и мобильных роботов.</p> <p><b>Удовлетворительно владеет:</b> методами экспериментальных исследований и макетирования средств управления, навигации технического зрения, используемых в мехатронных и робототехнических системах.</p>	<p>Обладает <b>хорошими знаниями:</b> в области современных экспериментальных исследований систем управления мехатронных и РТС.</p> <p><b>Хорошо умеет:</b> реализовывать современные подходы к процессам экспериментальных исследований систем управления, навигации и технического зрения робототехнических устройств и мобильных роботов.</p> <p><b>Хорошо владеет:</b> методами экспериментальных исследований и макетирования средств управления, навигации технического зрения, используемых в мехатронных и робототехнических системах.</p>	<p>Обладает <b>отличными знаниями:</b> в области современных экспериментальны х исследований систем управления мехатронных и РТС.</p> <p><b>Отлично умеет:</b> реализовывать современные подходы к процессам экспериментальны х исследований систем управления, навигации и технического зрения робототехнических устройств и мобильных роботов.</p> <p><b>Отлично владеет:</b> методами экспериментальны х исследований и макетирования средств управления, навигации технического зрения, используемых в мехатронных и робототехнических системах.</p>

1	2	3	4	5
<p><b>ПК-11</b> (основной, завершающий)</p>	<p>1. Доля освоенных обучающимся знаний, умений и навыков от общего объема ЗУН, установленный в п.1.3 РПД.</p> <p>2. Качество освоенных обучающимся знаний, умений и навыков.</p> <p>3. Умение применять знания, умения и навыки в типовых и нестандартных ситуациях.</p>	<p><b>Удовлетворительно знает</b> методы расчетов и проектирования систем автоматического управления мехатронных и робототехнических устройств с использованием вычислительной техники.</p> <p><b>Удовлетворительно умеет</b> оценивать качество функционирования САУ: точность, устойчивость; определять количественные показатели качества САУ на основе анализа переходного процесса.</p> <p><b>Удовлетворительно умеет</b> настраивать ПИД-регулятор для обеспечения требуемых характеристик проектируемой САУ с учетом её возможной нелинейности, наличия запаздывания или параметрической неопределенности. Обладает <b>удовлетворительными</b> навыками анализа и синтеза САУ с</p>	<p><b>Хорошо знает</b> методы расчетов и проектирования систем автоматического управления мехатронных и робототехнических устройств с использованием вычислительной техники.</p> <p><b>Хорошо умеет</b> оценивать качество функционирования САУ: точность, устойчивость; определять количественные показатели качества САУ на основе анализа переходного процесса.</p> <p><b>Хорошо умеет</b> настраивать ПИД-регулятор для обеспечения требуемых характеристик проектируемой САУ с учетом её возможной нелинейности, наличия запаздывания или параметрической неопределенности. Обладает <b>хорошими</b> навыками анализа и синтеза САУ с параметрами и</p>	<p><b>Отлично знает</b> методы расчетов и проектирования систем автоматического управления мехатронных и робототехнических устройств с использованием вычислительной техники.</p> <p><b>Отлично умеет</b> оценивать качество функционирования САУ: точность, устойчивость; определять количественные показатели качества САУ на основе анализа переходного процесса.</p> <p><b>Отлично умеет</b> настраивать ПИД-регулятор для обеспечения требуемых характеристик проектируемой САУ с учетом её возможной нелинейности, наличия запаздывания или параметрической неопределенности. Обладает <b>отличными</b> навыками анализа и синтеза САУ с заданными</p>

		заданными параметрами и показателями качества. <b>Владеет удовлетворительными</b> представлениями и практическими навыками анализа и синтеза дискретных регуляторов в гибридных и цифровых САУ.	показателями качества. <b>Владеет хорошими</b> представлениями и практическими навыками анализа и синтеза дискретных регуляторов в гибридных и цифровых САУ.	параметрами и показателями качества. <b>Владеет отличными</b> представлениями и практическими навыками анализа и синтеза дискретных регуляторов в гибридных и цифровых САУ.
--	--	--	---	--

**7.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

Таблица 7.3 Паспорт комплекта оценочных средств для текущего контроля

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или её части)	Технология формирования	Оценочные средства		Описание шкал оценивания
				наименование	№№ заданий	
1	2	3	4	5	6	7
1	Введение. Анализ линейных систем автоматического управления (САУ).	ПК-1, ПК-11	Лекция, ЛР, ПЗ, СРС	Защита ЛР, Ко, ЗКР	Контр. воп. ЛР1, ЛР2, тест	Согласно табл.7.2, табл.7.5, табл. 7.6
2	Оценка точности САУ. Методы обеспечения требуемой точности САУ.	ПК-1, ПК-11	Лекция, ЛР, ПЗ, СРС	Защита ЛР, Ко, ЗКР	Контр. воп. ЛР3, ЛР4, тест	Согласно табл.7.2, табл.7.5, табл. 7.6
3	Устойчивость линейных САУ.	ПК-1, ПК-11	Лекция, ЛР, ПЗ, СРС	Защита ЛР, Ко, ЗКР	Контр. воп. ЛР5, тест	Согласно табл.7.2, табл.7.5, табл. 7.6
4	Синтез линейных САУ. Методы обеспечения требуемого качества функционирования САУ.	ПК-1, ПК-11	Лекция, ЛР, ПЗ, СРС	Защита ЛР, Ко, ЗКР	Контр. воп. ЛР6, тест	Согласно табл.7.2, табл.7.5, табл. 7.6
5	САУ с переменными (var) параметрами. САУ	ПК-1, ПК-11	Лекция, ЛР, ПЗ, СРС	Защита ЛР, Ко, ЗКР	Контр. воп. ЛР7, ЛР8,	Согласно табл.7.2, табл.7.5,

	с запаздыванием.				тест	табл. 7.6
6	Нелинейные системы автоматического управления. Анализ и синтез нелинейный САУ.	ПК-1, ПК-11	Лекция, ЛР, ПЗ, СРС	Защита ЛР, Ко, ЗКР	Контр. воп. ЛР9, тест	Согласно табл.7.2, табл.7.5, табл. 7.6
7	Дискретные системы автоматического управления, их математическое описание и исследование.	ПК-1, ПК-11	Лекция, ЛР, ПЗ, СРС	Защита ЛР, Ко	Контр. воп. ЛР10, ЛР11, тест	Согласно табл.7.2, табл.7.5, табл. 7.6
8	Синтез цифровых корректирующих устройств и их микропроцессорная реализация. Основы теории нечеткого управления, регулятор, основанный на нечеткой логике.	ПК-1, ПК-11	Лекция, ЛР, ПЗ, СРС	Защита ЛР, Ко, ЗКР	Контр. воп. ЛР12, ЛР13, тест	Согласно табл.7.2, табл.7.5, табл. 7.6

Примеры тестовых типовых контрольных заданий для промежуточной аттестации

А) Задания из раздела 1 с весовым коэффициентом оценки «1»:

1. Критерий устойчивости Гурвица является ....

<b>Правильный:</b>	алгебраическим
<b>Вариант 2:</b>	интегральным
<b>Вариант 3:</b>	частотным
<b>Вариант 4:</b>	корневым
<b>Вариант 5:</b>	характеристическим

2. Как называется реакция САУ на типовое воздействие  $1(t)$ ?

<b>Правильный:</b>	переходная функция.
<b>Вариант 2:</b>	частотная функция.
<b>Вариант 3:</b>	весовая функция.
<b>Вариант 4:</b>	передаточная функция.
<b>Вариант 5:</b>	импульсная функция.

3. К типовым звеньям САУ НЕ относят ....

<b>Правильный:</b>	автоколебательное.
<b>Вариант 2:</b>	изодромное.
<b>Вариант 3:</b>	апериодическое.
<b>Вариант 4:</b>	консервативное.
<b>Вариант 5:</b>	колебательное.

Б) Задания из раздела 2 с весовым коэффициентом оценки «2»

1. По критерию устойчивости Боде замкнутая САУ будет устойчива, если ...

<b>Правильный:</b>	график ЛАЧХ пересекает нулевой уровень по частоте ранее, чем график ЛФЧХ уровень -180 градусов.
<b>Вариант 2:</b>	график ЛФЧХ пересекает уровень -180 градусов по частоте ранее, чем график ЛАЧХ нулевой уровень.
<b>Вариант 3:</b>	график ЛАЧХ пересекает нулевой уровень по частоте среза одновременно с пересечением графика ЛФЧХ уровня -180 градусов.
<b>Вариант 4:</b>	график ЛАЧХ пересекает нулевой уровень по частоте не ранее, чем график ЛФЧХ пересечёт уровень минус 180 градусов.
<b>Вариант 5:</b>	график ЛАЧХ не пересекает нулевой уровень.

2. По максимальному относительному забросу переходной характеристики за линию установившегося значения определяют ...

<b>Правильный:</b>	перерегулирование.
<b>Вариант 2:</b>	время установления.
<b>Вариант 3:</b>	колебательность.
<b>Вариант 4:</b>	время регулирования.
<b>Вариант 5:</b>	установившуюся ошибку.

3. Повышение порядка астатизма САУ достигается ....

<b>Правильный:</b>	добавлением интегратора в разомкнутую цепь.
<b>Вариант 2:</b>	добавлением дифференциатора в разомкнутую цепь.
<b>Вариант 3:</b>	добавлением интегратора в цепь обратной связи.
<b>Вариант 4:</b>	добавлением усилителя в разомкнутую цепь.
<b>Вариант 5:</b>	добавлением усилителя в цепь обратной связи.

В) Задания из раздела 3 с весовым коэффициентом оценки «3»

1. Запас устойчивости по амплитуде определяется ....

<b>Правильный:</b>	на частоте пересечения ЛФЧХ и линии минус 180 градусов.
<b>Вариант 2:</b>	на частоте среза.
<b>Вариант 3:</b>	на частоте 0 рад.
<b>Вариант 4:</b>	на частоте сопряжения.
<b>Вариант 5:</b>	на частоте, логарифм которой равен 0.

2. Корни передаточной функции устойчивой замкнутой САУ могут лежать ....

<b>Правильный:</b>	на отрицательной вещественной оси.
<b>Вариант 2:</b>	на положительной вещественной оси.
<b>Вариант 3:</b>	в положительной вещественной полуплоскости.
<b>Вариант 4:</b>	на мнимой оси.
<b>Вариант 5:</b>	вне интервала собственных частот.

3. Следящей системой (системой позиционирования) называется такая САУ, в которой ....

<b>Правильный:</b>	выходная переменная должна отслеживать (повторять) изменения входной величины.
<b>Вариант 2:</b>	имеется датчик в цепи обратной связи.
<b>Вариант 3:</b>	имеется следящая видеочкамера.
<b>Вариант 4:</b>	на вход подается сканирующий сигнал.
<b>Вариант 5:</b>	на вход подается неединичный ступенчатый сигнал.

Г) Задания из раздела 4 с весовым коэффициентом оценки «4»

1. Передаточная функция замкнутой САУ представлена на рисунке. Укажите третью строку матрицы Гурвица, необходимой для оценки устойчивости этой системы.

<b>Правильный:</b>	5 3 0
<b>Вариант 2:</b>	5 4 3
<b>Вариант 3:</b>	0 4 2
<b>Вариант 4:</b>	4 2 0
<b>Вариант 5:</b>	5 3 2

2. К какому типовому звену относится САУ с передаточной функцией, представленной на рисунке?

<b>Правильный:</b>	колебательное
<b>Вариант 2:</b>	апериодическое 2-го порядка
<b>Вариант 3:</b>	апериодическое 1-го порядка

**Вариант 4:** консервативное

**Вариант 5:** изодромное

3. Передаточная функция замкнутой САУ представлена на рисунке. Найдите значение определителя третьего главного минора матрицы Гурвица, необходимой для оценки устойчивости этой системы.

**Правильный:** 168

**Вариант 2:** 286

**Вариант 3:** 12

**Вариант 4:** 160

**Вариант 5:** -120

Д) Задания из раздела 5 с весовым коэффициентом оценки «5»

1. Определить закон изменения статической ошибки САУ с представленной передаточной функцией разомкнутой системы, единичной отрицательной обратной связью и входном воздействии  $g(t)=3t-1$ .

**Правильный:**  $1,5t-0,5$

**Вариант 2:**  $1,5t+1,5$

**Вариант 3:**  $0,5t-0,5$

**Вариант 4:**  $2,5t+3,5$

**Вариант 5:**  $t-0,5$

. Примеры из комплекта оценочных средств для текущего контроля

Задание №1

1.1 Известно описание объекта САУ в виде дифференциального уравнения относительно входной и выходной переменных

$$0.5\ddot{y} + 3\dot{y} + 5y = 1.2u .$$

- 1) Построить структурную схему САУ;
- 2) Определить передаточную функцию САУ;
- 3) Записать модель в переменных состояния и определить матрицы объекта А,В,С.

1.2 Известно описание объекта в виде дифференциального уравнения относительно входной и выходной переменных

$$3.5\ddot{y} + 6\dot{y} + 4y = 3\dot{u} + 5u .$$

- 1) Построить структурную схему САУ;
- 2) Определить передаточную функцию САУ;
- 3) Записать модель в переменных состояния и определить матрицы объекта А,В,С.

1.3 Известно описание объекта в виде дифференциального уравнения относительно входной и выходной переменных

$$6\ddot{y} + 4\dot{y} + 2.7y = 5\dot{u} + u .$$

- 1) Построить структурную схему САУ;
- 2) Определить передаточную функцию САУ;
- 3) Записать модель в переменных состояния и определить матрицы объекта А,В,С.

**Задание №2**

## Задача 2.1

Определить выражение ошибки при прохождении входного сигнала

$$g(t) = 2t + 1 \text{ через систему с передаточной функцией } W_{pc} = \frac{2}{5p^2 + 3p + 2}.$$

## Задача 2.2

Определить методом Гурвица устойчивость САУ с передаточной функцией

$$W_{зс} = \frac{2}{5p^3 + 4p^2 + 3p + 2}.$$

## Задание 2.3

Определить закон изменения статической ошибки  $\varepsilon(t)$  САУ с передаточной функцией

$$\text{разомкнутой системы } W(p) = \frac{2p + 1}{3p^2 + 2p + 1}, \text{ единичной отрицательной обратной связью и}$$

входном воздействии  $g(t) = 3t - 1$ .

Полностью оценочные средства представлены в учебно-методическом комплексе дисциплины.

#### **7.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, регулируются следующими нормативными актами университета:

- Положение П 02.016–2018 «О балльно-рейтинговой системе оценки качества освоения основных образовательных программ»;
- Методические указания, используемые в образовательном процессе (представлены в п. 8.3.).

В течение семестра работа студента по изучению дисциплины оценивается путем начисления баллов по контрольным точкам, которые соответствуют каждой последней неделе календарного месяца. Общее количество контрольных точек в семестре равно 4.

В каждой контрольной точке оцениваются:

- посещение занятий;
- выполнение и защита лабораторных работ;
- изучение теоретического материала и выполнение практических задач.

По итогам каждого календарного месяца (примерно 4-х учебных недель) студент получает (табл.7.1):

- за своевременное выполнение и защиту лабораторных работ - 6 баллов;
- за выполнение заданий на практических занятиях – 4 балла;
- за посещение всех видов обязательных аудиторных занятий по дисциплине – 4 балла;

- за качественное освоение теоретического материала – 2 балла.

Изучение теоретического материала контролируется с помощью контрольного опроса студентов на практических занятиях и при защите лабораторных работ.

*Промежуточная аттестация* по дисциплине проводится в форме зачета (6 й и 7-й семестры) и в форме экзамена (5-й и 8-й семестры). Зачет и экзамен проводится в форме бланкового или компьютерного тестирования.

К сдаче зачета или экзамена допускаются студенты, успешно освоившие учебный материал, изучаемый во время семестра на лекционных и практических занятиях, защитившие и выполнившие лабораторные работы. Вопросы, включенные в тесты зачетной и экзаменационной работы, выдаются студентам вначале семестра и представлены в Приложении 1.

В тестах зачетной и экзаменационной работы содержится 20 заданий, из них - 12 теоретических вопросов различной сложности с весовыми баллами 1, 2 или 3, а также 8 задач с весовыми баллами 4 или 5. На ответ по билету отводится 1 астрономический час. Общее количество баллов при прохождении тестирования составляет от 0 до 60 баллов, которые пересчитываются по шкале БРС от 0 до 36 баллов в линейной (прямо-пропорциональной) зависимости. Полученные при сдаче зачета или экзамена баллы суммируются с баллами, полученными в течении семестра.

Таблица 7.4 – Контроль изучения дисциплины

Формы контроля	Распределение баллов			
	1 контрольная точка (4 неделя)	2 контрольная точка (8 неделя)	3 контрольная точка (12 неделя)	4 контрольная точка (17 неделя)
Контроль изучения теоретического материала	<b>0...2</b>	<b>0...2</b>	<b>0...2</b>	<b>0...2</b>
Контроль выполнения заданий на практических занятиях	<b>0...4</b>	<b>0...4</b>	<b>0...4</b>	<b>0...4</b>
Контроль выполнения и защиты лабораторных работ	<b>0...6</b>	<b>0...6</b>	<b>0...6</b>	<b>0...6</b>
Контроль посещения занятий	<b>0...4</b>	<b>0...4</b>	<b>0...4</b>	<b>0...4</b>
Всего баллов за контрольную точку	<b>0...16</b>	<b>0...16</b>	<b>0...16</b>	<b>0...16</b>
Всего баллов за текущий контроль	<b>0...64</b>			
Зачет (экзамен)	<b>0...36</b>			
Итого баллов за семестр	<b>0...100</b>			

**Примечание.** Для допуска к промежуточной аттестации (зачету, экзамену) по дисциплине студент обязан набрать не менее 24 баллов (без учета баллов за посещаемость и премиальных баллов) при условии выполнения рабочей программы дисциплины в требуем объеме; недополученные за предыдущую контрольную точку баллы за успеваемость переходят в текущую контрольную точку с нарастающим итогом.

В соответствии с БРС общая успеваемость студента определяется 100-балльной и 5-балльной шкалами оценок. Соответствие 100-балльной и 5-и шкал приведено в таблице 7.5 (для промежуточного контроля в виде зачета) и в табл. 7.6 (для промежуточного контроля в виде экзамена).

Таблица 7.5 – Соответствие систем оценок (используемых ранее оценок промежуточной академической успеваемости и балльно-рейтинговой системы оценок текущей успеваемости) с промежуточным контролем в виде зачета

	Отрицательная оценка	Положительная оценка
Суммарное количество набранных баллов (max – 100)	Менее 50	50 и более
Оценка с промежуточным контролем в виде зачета	Не зачтено	Зачтено

Таблица 7.6 – Соответствие систем оценок (используемых ранее оценок промежуточной академической успеваемости и балльно-рейтинговой системы оценок текущей успеваемости) с промежуточным контролем в виде экзамена.

	Отрицательная оценка	Положительная оценка		
Суммарное количество набранных баллов (max – 100)	Менее 50	50-69	70-84	85-100
Оценка с промежуточным контролем в виде экзамена	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	отлично

### 7.5 Выполнение и защита курсового проекта

Курсовой проект выполняется студентами в пределах часов, отведенных для самостоятельной работы, и служит для закрепления знаний, получаемых при изучении дисциплины во время аудиторных занятий.

Содержание курсового проекта посвящено синтезу и анализу САУ приводов мехатронных и робототехнических устройств различного назначения.

Защита курсового проекта проводится на комиссии, утверждаемой распоряжением заведующего кафедрой, с обязательным участием руководителя курсового проекта.

Организация и проведение защиты курсового проекта, а также оценка знаний студента должны соответствовать требованиям Положения ЮЗГУ «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов в ЮЗГУ» П 02.034-2014.

Таблица 7.7 – Контроль выполнения и защиты курсового проекта в 8 семестре

Наименование разделов курсовой работы	Количество баллов
Обзор и анализ существующих конструкций объектов с САУ. Составление функциональной и структурной схемы САУ с определением передаточных функций элементов системы	0...10
Исследование и коррекция САУ с настройкой ПИД-регулятора. Настройка робастной САУ.	0...20
Исследование САУ на устойчивость по критериям Гурвица, Найквиста, Михайлова и Боде.	0...20
Настройка нелинейной САУ, настройка Fuzzy Logic регулятора и анализ многоканальной САУ	0...20
Защита (7 и 8 недели 8 семестра)	0...30

Таблица 7.8 – Соответствие систем оценок (используемых ранее оценок промежуточной академической успеваемости и балльно-рейтинговой системы оценок текущей успеваемости) за выполнение и защиту курсового проекта

	Отрицательная оценка	Положительная оценка		
Суммарное количество набранных баллов (max – 100)	Менее 50	50-69	70-84	85-100
Оценка с промежуточным контролем в виде экзамена	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	отлично

## **8 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

### **8.1 Основная учебная литература**

1. Коновалов Б. И. Теория автоматического управления [Текст]: учебное пособие / Б. И. Коновалов, Ю. М. Лебедев. – Санкт-Петербург: Лань, 2010. – 224 с.
2. Коновалов Б. И. Теория автоматического управления [Электронный ресурс]: учебное пособие / Б. И. Коновалов, Ю. М. Лебедев. - Санкт-Петербург: Лань, 2010. -163с. // Режим доступа - <http://biblioclub.ru/>

### **8.2 Дополнительная учебная литература**

3. Востриков А. С. Теория автоматического регулирования [Текст]: учебное пособие для вузов / А. С. Востриков, Г. А. Французова. – 2-е изд., стер. – М.: Высшая школа, 2006. – 356 с.
3. Бесекерский В. А. Теория систем автоматического управления [Текст]: учебное пособие. - СПб.: Профессия, 2003. - 752 с.
5. Зайцев Г. Ф. Теория автоматического управления и регулирования [Текст] / Г. Ф. Зайцев. - 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Высшая школа, 1989. - 431 с.

### **8.3 Перечень методических указаний**

1. Моделирование линейных систем автоматического управления [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине «Теория автоматического управления» для студентов специальности 220401 Мехатроника / Юго-Зап. гос. ун.-т; ЮЗГУ; сост.: Б. В. Лушников, С. Ф. Яцун. - Курск: ЮЗГУ, 2012. – 18 с.
2. Типовые динамические звенья систем автоматического управления [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине «Теория автоматического управления» для студентов специальности 220401 Мехатроника / Юго-Зап. гос. ун.-т; ЮЗГУ; сост.: Б. В. Лушников, С. Ф. Яцун. - Курск: ЮЗГУ, 2011. – 16 с.
3. Анализ точности систем автоматического управления [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине «Теория автоматического управления» для студентов специальности 220401 Мехатроника / Юго-Зап. гос. ун.-т; ЮЗГУ; сост.: Б. В. Лушников, С. Ф. Яцун. - Курск: ЮЗГУ, 2011. – 19 с.
4. Исследование устойчивости систем автоматического управления [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине «Теория автоматического управления» для студентов специальности 220401 Мехатроника / Юго-Зап. гос. ун.-т; ЮЗГУ; сост.: Б. В. Лушников, С. Ф. Яцун. - Курск: ЮЗГУ, 2011. – 10 с.
5. Коррекция статических свойств САУ [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине «Теория автоматического управления» для студентов специальности 220401 Мехатроника / Юго-Зап. гос. ун.-т; ЮЗГУ; сост.: Б. В. Лушников, С. Ф. Яцун. - Курск: ЮЗГУ, 2011. – 12 с.
6. Коррекция динамических свойств САУ [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине «Теория автоматического управления» для студентов специальности 220401 Мехатроника/ Юго-Зап. гос. ун.-т; ЮЗГУ; сост.: Б. В. Лушников, С. Ф. Яцун. - Курск: ЮЗГУ, 2011. – 13 с.
7. Синтез и анализ робастной САУ [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине «Теория автоматического управления» для студентов специальности 220401 Мехатроника / Юго-Зап. гос. ун.-т; ЮЗГУ; сост.: Б. В. Лушников, С.Ф. Яцун. - Курск: ЮЗГУ, 2011. – 14 с.
8. Исследование устойчивости и качества линейной САУ с запаздыванием [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине «Теория автоматического управления» для студентов специальности 220401

Мехатроника / Юго-Зап. гос. ун.-т; ЮЗГУ; сост.: Б. В. Лушников, С. Ф. Яцун. - Курск: ЮЗГУ, 2011. – 11 с.

9 Исследование устойчивости и качества нелинейной САУ с ПИД-регулятором [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине «Теория автоматического управления» для студентов специальности 220401 Мехатроника / Юго-Зап. гос. ун.-т; ЮЗГУ; сост.: Б. В. Лушников, С. Ф. Яцун. - Курск: ЮЗГУ, 2011. – 13 с.

10. Проектирование дискретного ПИД-регулятора с применением инструментария моделирующих пакетов MatLab, MathCAD, VisSim [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине «Теория автоматического управления» для студентов специальности 220401 Мехатроника / Юго-Зап. гос. ун.-т; ЮЗГУ; сост.: Б. В. Лушников, С. Ф. Яцун. - Курск: ЮЗГУ, 2011. – 15 с.

11. Связь частотных характеристик разомкнутой системы с временными характеристиками замкнутой САУ [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине «Теория автоматического управления» для студентов специальности 220401 Мехатроника / Юго-Зап. гос. ун.-т; ЮЗГУ; сост.: Б. В. Лушников, С.Ф. Яцун. - Курск: ЮЗГУ, 2011. – 16 с.

12. Исследование систем подчиненного регулирования в пакете MATLAB (настройка на симметричный оптимум) [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине «Теория автоматического управления» для студентов специальности 220401 Мехатроника / Юго-Зап. гос. ун.-т; ЮЗГУ; сост.: Б. В. Лушников, С.Ф. Яцун. - Курск: ЮЗГУ, 2011. – 16 с.

13. Исследование частотных характеристик звеньев систем автоматического управления [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине «Теория автоматического управления» для студентов специальности 220401 Мехатроника / Юго-Зап. гос. ун.-т; ЮЗГУ; сост.: Б. В. Лушников, С. Ф. Яцун. - Курск: ЮЗГУ, 2011. – 16 с.

### 8.4 Другие учебно-методические материалы

Научно-технические периодические журналы и издания по теории автоматического управления, воспользоваться которыми возможно в библиотеку университета:

• Мехатроника, автоматизация, управление. .
• Cloud of Science;
• Dynamics and Control;
• Journal of Systems Integration;
• Автоматизация технологических и бизнес-процессов;
• Автометрия;
• Всероссийская научная конференция по проблемам управления в технических системах;
• Известия Академии управления: теория, стратегии, инновации;
• Известия Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета ЛЭТИ;
• Информационно-управляющие системы;
• Математические методы в технике и технологиях - ММТТ;
• Российский технологический журнал;
• Электротехнические системы и комплексы.

### 9 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. Электронная библиотека ЮЗГУ <http://www.lib.swsu.ru/>
2. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online» <http://www.biblioclub.ru>
3. Национальная электронная библиотека <http://нэб.рф/>
4. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» <http://window.edu.ru/library>
5. Электронно-библиотечная система «Лань» <http://e.lanbook.com;>
6. Университетская информационная система «Россия» <http://uisrussia.msu.ru> .
7. <http://www.bibliocomplectator.ru/available> - Электронно-библиотечная система IPRbooks;
8. <http://elibrary.ru/> - Научная электронная библиотека eLibrary
9. [mathworks.com>products/matlab-online.html](http://mathworks.com/products/matlab-online.html) -MATLAB Online - MATLAB & Simulink

### 10 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Аудиторная работа студента при изучении дисциплины «Управление мехатронными системами и сервисными роботами» включает все виды занятий: лекции, лабораторные и практические занятия. Студент не имеет права пропускать занятия без уважительных причин. На лекции излагаются и разъясняются основные понятия темы, связанные с ней теоретические и

практические проблемы, даются рекомендации для самостоятельной работы. В ходе лекции студент должен внимательно слушать и конспектировать материал.

Занятия по решению задач (практические занятия) включают в себя:

а) теоретическую подготовку студентов к занятию, в ходе которой студент обязан осмыслить теоретический материал, выносимый на занятие, и заучить основные законы и формулы;

б) решение задач на самом практическом занятии.

*Особенности выполнения и защиты лабораторных работ*

Выполнение лабораторной работы по дисциплине производится студентами самостоятельно или в составе минибригады (2 человека) во время проведения лабораторных работ по учебному расписанию под руководством преподавателя, а завершается (оформление отчёта) во внеаудиторное время.

После выполнения каждой лабораторной работы и оформления отчета, проводится ее защита, которая заключается в решении задачи, либо в ответе на теоретический вопрос по данной теме.

## **11 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Использование информационных технологий включает в себя следующее программное обеспечение:

- LibreOffice;
- математический пакет MATLAB/Simulink (demo);
- системы математического анализа и статистической обработки оцифрованных данных: MathCAD (demo) ;

## **12 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Учебные аудитории кафедры механики, мехатроники и робототехники для проведения лекционных и практических занятий оснащены учебной мебелью: столы, стулья для обучающихся и преподавателя, доска. Работа студентов организована в аудитории в соответствии с расписанием.

Персональные компьютеры с доступом в Интернет для преподавателей и студентов; аудитории, оснащенные переносными мультимедийными средствами обучения для чтения лекций, проведения семинарских занятий, проверки самостоятельных работ.

Наглядность и эффективность докладов (презентаций, лекционного материала) достигается с помощью переносного Мультимедиа центра: ноутбук Lenovo (G710) [59409835] проектор BenQ MX505 и интерактивной систем с короткофокусным проектором ActivBoard, проекционный экран.

### **13 Особенности реализации дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья учитываются их индивидуальные психофизические особенности. Обучение инвалидов осуществляется также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида (при наличии).

*Для лиц с нарушением слуха* возможно предоставление учебной информации в визуальной форме (краткий конспект лекций; тексты заданий, напечатанные увеличенным шрифтом), на аудиторных занятиях допускается присутствие ассистента, а также сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков. Текущий контроль успеваемости осуществляется в письменной форме: обучающийся письменно отвечает на вопросы, письменно выполняет практические задания. Доклад (реферат) также может быть представлен в письменной форме, при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д.) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.). Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями слуха проводится в письменной форме, при этом используются общие критерии оценивания. При необходимости время подготовки к ответу может быть увеличено.

*Для лиц с нарушением зрения* допускается аудиальное предоставление информации, а также использование на аудиторных занятиях звукозаписывающих устройств (диктофонов и т.д.). Допускается присутствие на занятиях ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь. Текущий контроль успеваемости осуществляется в устной форме. При проведении промежуточной аттестации для лиц с нарушением зрения тестирование может быть заменено на устное собеседование по вопросам.

*Для лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата,* на аудиторных занятиях, а также при проведении процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации могут быть предоставлены необходимые технические средства (персональный компьютер, ноутбук или другой гаджет); допускается присутствие ассистента (ассистентов), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь (занять рабочее место, передвигаться по аудитории, прочитать задание, оформить ответ, общаться с преподавателем).

**14 Лист дополнений и изменений, внесенных в рабочую программу дисциплины**

Номер изменения	Номера страниц				Всего страниц	Дата	Основание* для изменения и подпись лица, проводившего изменения
	измененных	замененных	аннулированных	новых			

Основание\* для изменения и подпись лица, проводившего изменения измененных замененных аннулированных новых  
 Примечание – Основанием для внесения изменения является решение кафедры (протокол № \_\_\_ от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.).