

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан ФМАТ  Ряжских В.И.
« 25 » ноября 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Основы проектирования роботов и робототехнических систем»

Направление подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника

Профиль Промышленные роботы и робототехнические системы

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2023

Автор программы



В.А. Трубецкой

**Заведующий кафедрой
Технологии сварочного
производства и диагностики**



В.Ф. Селиванов

Руководитель ОПОП



В.Ф. Селиванов

Воронеж 2023

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины подготовка студентов к инженерной деятельности по разработке роботов и робототехнических систем.

1.2. Задачи освоения дисциплины

- изучение принципов построения, аналитического и структурного описания роботов и робототехнических систем
- изучение методов анализа кинематических, динамических и точностных характеристик роботов в процессе их разработки, а также при оценке свойств базовых вариантов
- изучение принципов и алгоритмов проектирования роботов и РТС с учетом векторного характера проектирования
- формирование способности использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
- формирование навыков разработки конструкторской проектной документации механических сборочных единиц и деталей мехатронных и робототехнических систем
- выработке способности и готовности: вести патентные исследования в области профессиональной деятельности; выполнять расчетно-графические работы по проектированию информационных, электромеханических, электрогидравлических, электронных и микропроцессорных модулей мехатронных и робототехнических систем; разрабатывать функциональные схемы; проводить энергетический расчет и выбор исполнительных элементов; вести анализ устойчивости, точности и качества процессов управления; проводить регулировочные расчеты - синтез алгоритмов управления и корректирующих устройств; вести разработку алгоритмов и программных средств реализации корректирующих устройств; проводить кинематические, прочностные расчеты, оценки точности механических узлов; вести расчеты электрических цепей аналоговых и цифровых электронных устройств

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Основы проектирования роботов и робототехнических систем» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Основы проектирования роботов и робототехнических систем» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-4 - Способность производить 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

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-4	знать назначение и состав роботов и РТС; модели роботов и РТС; принципы построения робототехнических систем; методы, уровни и этапы проектирования; алгоритмы проектирования подсистем роботов
	уметь выполнять расчетно-графические работы по проектированию информационных, электромеханических, электрогидравлических, электронных и микропроцессорных модулей мехатронных и робототехнических систем; разрабатывать конструкторскую проектную документацию механических сборочных единиц и деталей мехатронных и робототехнических систем; разрабатывать рабочую конструкторскую документацию электрических и электронных узлов (включая микропроцессорные) мехатронных и робототехнических систем, принципиальные электрические схемы, печатные платы, схемы расположения, схемы соединения; разрабатывать рабочую программную документацию по составным частям опытного образца мехатронной или робототехнической системы
	владеть навыками выбора робота по вектору выходных показателей; кинематического, точностного и динамического расчетов; расчета и выбора элементов и подсистем робота; использования прикладных программ для расчета элементов подсистем роботов

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Основы проектирования роботов и робототехнических систем» составляет 12 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры	
		7	8
Аудиторные занятия (всего)	142	82	60

В том числе:			
Лекции	38	18	20
Практические занятия (ПЗ) в том числе в форме практической подготовки	52 26	32 16	20 10
Лабораторные работы (ЛР)	52	32	20
Самостоятельная работа	263	170	93
Курсовой проект	+		+
Часы на контроль	27	-	27
Виды промежуточной аттестации - экзамен, зачет с оценкой	+	+	+
Общая трудоемкость: академические часы зач.ед.	432 12	252 7	180 5

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Системный подход к проектированию ПР и РТС. Обобщенная структура и алгоритмы проектирования роботов	Сущность системного подхода к вопросам анализа и синтеза роботов и РТС. Понятие системы и ее атрибуты. Особенности робота как системы, функции робота. Структура робота в составе РТС. Энергетический и информационный потоки в роботе. Постановка задачи анализа и синтеза роботов. Структура проектирования роботов и РТС. Этапы проектирования, стадии проектирования. Проектные характеристики промышленного робота. Алгоритмы формирования основных проектных решений по промышленным роботам.	8	8	10	44	70
		<i>практическая подготовка обучающихся</i>	-	4	-	-	4
2	Агрегатно-модульный метод построения промышленных роботов. Алгоритмы проектирования подсистем промышленного робота	Сущность агрегатно-модульного принципа построения ПР. Преимущества и недостатки. Классификация агрегатно-модульных конструкций ПР. Унификация и стандартизация основных параметров ПР и узлов. Варианты конструкций ПР агрегатно-модульного типа. Алгоритм проектирования исполнительного устройства. Синтез кинематической модели. Формирование механической модели. Синтез динамической модели. Алгоритм проектирования устройства управления. Формирование функций. Формирование критериев качества. Формирование информационного обеспечения. Разработка основных проектных решений по каналам передачи информации. Алгоритм проектирования информационной	6	8	10	44	68

		системы. Формирование структуры. Расчет и выбор элементов					
		<i>практическая подготовка обучающихся</i>	-	4	-	-	4
3	Кинематика и динамика робота. Конструирование манипуляционных механизмов	Кинематическая модель робота. Прямая и обратная задачи кинематики. Сущность метода однородных координат. Варианты кинематической модели. Кинематические характеристики. Кинематический расчет ПР. Выбор компоновки кинематической модели робота по условиям точности и быстродействия. Точностной расчет ПР. Кинематическая точность ПР. Линейная и угловая ошибки ПР. Структура динамической модели робота. Алгоритм составления динамической модели с использованием метода Лагранжа. Исследование динамической модели. Компоновка модулей. Выбор геометрических и функциональных соотношений между элементами манипуляционного механизма. Оценка масс и моментов инерции подвижных элементов. Силовой расчет модулей. Точностной расчет. Расчет модулей на жесткость	6	8	8	44	66
		<i>практическая подготовка обучающихся</i>	-	4	-	-	4
4	Расчет и выбор захватных устройств ПР. Расчет и конструирование механизмов передач ПР	Требования к захватным устройствам. Варианты захватных устройств. Методика расчета и выбора механических захватных устройств. Методика расчета и выбора вакуумных и электромагнитных захватных устройств. Варианты компоновки схватов. Рычажные, пантографные, рычажно-зубчатые механизмы. Волновые зубчатые и ленточные передачи. Уравновешивающие механизмы ПР.	6	8	8	44	66
		<i>практическая подготовка обучающихся</i>	-	4	-	-	4
5	Принципы построения РТС. Алгоритмы проектирования. Алгоритмы расчета геометрической компоновки РТС. Варианты компоновок.	Обобщенная структура процесса проектирования РТС. Этапы проектирования. Алгоритмы проектирования подсистем РТС. Особенности проектирования РТС для различных сфер производства. Адаптивные РТС. Адаптивные транспортные средства. Требования к компоновке РТС. Варианты компоновок. Обоснование выбора типа компоновки. Алгоритм расчета геометрической компоновки РТС.	6	10	8	44	68
		<i>практическая подготовка обучающихся</i>	-	4	-	-	4
6	Разработка и выбор транспортно-технологических и структурно-компоновочных схем	Принципы построения и структура транспортно-технологических схем. Расчет основных параметров и выбор элементов транспортно-технологических схем. Варианты структурно-компоновочных решений.	6	10	8	43	67
		<i>практическая подготовка обучающихся</i>	-	6	-	-	6
Итого			38	52	52	263	405

Практическая подготовка при освоении дисциплины (модуля) проводится путем непосредственного выполнения обучающимися отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью, способствующих формированию, закреплению и развитию практических навыков и компетенций по профилю соответствующей образовательной программы на практических занятиях и (или) лабораторных работах:

№ п/п	Перечень выполняемых обучающимися отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью	Формируемые профессиональные компетенции
1	Решение прямой и обратной задач кинематики с учетом только переносных степеней подвижности	ПК-4
2	Решение задач кинематики с учетом ориентирующих степеней подвижности манипулятора	ПК-4
3	Определение элементов матрицы положения для манипулятора, работающего в цилиндрической системе координат	ПК-4
4	Выбор компоновки промышленных роботов модульного типа по условиям точности	ПК-4
5	Кинетостатический расчет типовых компоновок промышленных роботов	ПК-4
6	Кинетостатика манипулятора, работающего в цилиндрической системе координат	ПК-4

5.2 Перечень лабораторных работ

Укажите перечень лабораторных работ

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсового проекта в 8 семестре для очной формы обучения.

Примерная тематика курсового проекта: «Разработка исполнительной системы робота»

Задачи, решаемые при выполнении курсового проекта:

1. Аналитический обзор источников по теме курсового проекта.
2. Разработка алгоритмов работы и составление структурной схемы устройства (системы).
3. Разработка функциональной схемы или общей компоновки модулей.
4. Написание пояснительной записки и оформление графической части.

Курсовой проект включает в себя графическую часть и расчетно-пояснительную записку.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-4	знать назначение и состав роботов и РТС; модели роботов и РТС; принципы построения робототехнических систем; методы, уровни и этапы проектирования; алгоритмы проектирования подсистем роботов	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь выполнять расчетно-графические работы по проектированию информационных, электромеханических, электрогидравлических, электронных и микропроцессорных модулей мехатронных и робототехнических систем; разрабатывать конструкторскую проектную документацию механических сборочных единиц и деталей мехатронных и робототехнических систем; разрабатывать рабочую конструкторскую документацию электрических и электронных узлов (включая микропроцессорные) мехатронных и робототехнических систем, принципиальные электрические схемы, печатные платы, схемы	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	расположения, схемы соединения; разрабатывать рабочую программную документацию по составным частям опытного образца мехатронной или робототехнической системы			
	владеть навыками выбора робота по вектору выходных показателей; кинематического, точностного и динамического расчетов; расчета и выбора элементов и подсистем робота; использования прикладных программ для расчета элементов подсистем роботов	Коллоквиум	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 7, 8 семестре для очной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПК-4	знать назначение и состав роботов и РТС; модели роботов и РТС; принципы построения робототехнических систем; методы, уровни и этапы проектирования; алгоритмы проектирования подсистем роботов	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь выполнять расчетно-графические работы по проектированию информационных, электромеханических, электрогидравлических, электронных и микропроцессорных модулей мехатронных и робототехнических систем; разрабатывать конструкторскую проектную документацию механических сборочных единиц и деталей мехатронных и робототехнических систем;	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

	разрабатывать рабочую конструкторскую документацию электрических и электронных узлов (включая микропроцессорные) мехатронных и робототехнических систем, принципиальные электрические схемы, печатные платы, схемы расположения, схемы соединения; разрабатывать рабочую программную документацию по составным частям опытного образца мехатронной или робототехнической системы					
	владеть навыками выбора робота по вектору выходных показателей; кинематического, точностного и динамического расчетов; расчета и выбора элементов и подсистем робота; использования прикладных программ для расчета элементов подсистем роботов	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Отметьте правильный ответ

Матрица преобразования системы координат $o'x'y'z'$, связанной со схватом робота, в систему координат $oxyz$, связанную с основанием, имеет вид:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0,5 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0,5 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{bmatrix}.$$

Угол между осями y' и x составляет:

- 1) 0°
- 2) 180°
- 3) 30°
- 4) 90°

2. Отметьте правильный ответ

Матрица преобразования системы координат $o'x'y'z'$, связанной со схватом робота, в систему координат $oxyz$, связанную с основанием, имеет вид:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0,5 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0,5 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{bmatrix}.$$

Угол между осями y и y' составляет

- 1) 0°
- 2) 90°
- 3) 180°
- 4) 45°

3. Отметьте правильный ответ

Матрица преобразования системы координат $o'x'y'z'$, связанной со схватом робота, в систему координат $охуз$, связанную с основанием, имеет вид:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{bmatrix}.$$

Угол между осями x и x' составляет:

- 1) 45°
- 2) 180°
- 3) 90°
- 4) 60°

4. Отметьте правильный ответ

Матрица преобразования системы координат $o'x'y'z'$, связанной со схватом робота, в систему координат $охуз$, связанную с основанием, имеет вид:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{bmatrix}.$$

Угол между осями y и y' составляет:

- 1) 180°
- 2) 50°
- 3) 90°
- 4) 0°

5. Отметьте правильный ответ

Матрица преобразования системы координат $o'x'y'z'$, связанной со схватом робота, в систему координат $охуз$, связанную с основанием, имеет вид:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{bmatrix}.$$

Угол между осями z и z' составляет:

- 1) 15°
- 2) 60°

- 3) 90°
- 4) 0°

6. Отметьте правильный ответ

Наибольшей точностью из модификаций роботов агрегатно-модульного типа обладают кинематические модели со следующей системой координат:

- 1) прямоугольной
- 2) цилиндрической
- 3) сферической
- 4) угловой

7. Отметьте правильный ответ

Наиболее компактны из модификаций роботов агрегатно-модульного типа кинематические модели со следующей системой координат

- 1) угловой
- 2) прямоугольной
- 3) цилиндрической
- 4) сферической

8. Отметьте правильный ответ

Удерживающее усилие вакуумного захватного устройства $P_{ВП}$ рассчитывается по формуле

- 1) $P_{ВП} = k_p F_{3y} (P_a - P_e)$
- 2) $P_{ВП} = F_{3y} (P_a - P_e)^2$
- 3) $P_{ВП} = k_p mg P_a$
- 4) $P_{ВП} = k_\mu (P_e - P_a)^3$

9. Отметьте правильный ответ

Сила притяжения электромагнита магнитных захватных устройств определяется формулой

- 1) $P_9 = \frac{(in)^2}{25F(R_e + R_m)^2}$
- 2) $P_9 = \frac{(in)^2}{F(R_e + R_m)}$
- 3) $P_9 = \frac{(in)^2}{(R_e + R_m)^2}$
- 4) $P_9 = \frac{in}{k_p(R_e + R_m)^2}$

10. Отметьте правильный ответ

Матрица преобразования системы координат $o'x'y'z'$, связанной со схватом робота, в систему координат $oxyz$, связанную с основанием, имеет вид:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{bmatrix}.$$

Угол между осями z и y' составляет:

- 1) 180°
- 2) 90°
- 3) 60°
- 4) 15°

11. Отметьте правильный ответ

Матрица преобразования системы координат $o'x'y'z'$, связанной со схватом робота, в систему координат $oxyz$, связанную с основанием, имеет вид:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{bmatrix}.$$

Угол между осями x и y' составляет:

- 1) 45°
- 2) 30°
- 3) 180°
- 4) 90°

12. Составьте справедливое утверждение “Наименьшую погрешность при измерениях преобразователем считывания даёт применение на модулирующих дисках ...”:

- 1) двоичного кода
- 2) кода Грея
- 3) восьмиразрядного кода

13. Составьте справедливое утверждение “Быстродействие преобразователя считывания составляет...отсчётов в секунду”:

- 1) $10^2 \div 10^3$
- 2) $10^3 \div 10^5$
- 3) $10^5 \div 10^7$
- 4) $10^7 \div 10^9$

14. Составьте справедливое утверждение “Датчики положения на основе растровых интерполяторов осуществляют ...”:

- 1) преобразование абсолютного значения угла в код
- 2) преобразование скорости приращения угла в код
- 3) преобразование приращения угла в код

15. Закончите фразу “Скоростная характеристика коллекторного тахогенератора позволяет определить...”:

- 1) коэффициент передачи
- 2) выходное сопротивление
- 3) коэффициент передачи и коэффициент нелинейности
- 4) коэффициент нелинейности
- 5) коэффициент нечувствительности

16. Закончите фразу “Внешняя характеристика коллекторного тахогенератора позволяет определить...”:

- 1) коэффициент передачи
- 2) коэффициент нелинейности
- 3) сопротивление обмотки якоря

- 4) коэффициент нечувствительности
- 5) коэффициенты передачи и коэффициент нелинейности

17. Закончите фразу “Динамическая характеристика коллекторного тахогенератора позволяет определить...”:

- 1) выходное сопротивление
- 2) коэффициент передачи
- 3) коэффициент нечувствительности
- 4) коэффициенты передачи и коэффициент нелинейности
- 5) коэффициент нелинейности

18. Составьте справедливое утверждение “Зависимость коэффициента передачи коллекторного тахогенератора от тока якоря ...”:

- 1) прямопропорциональная
- 2) обратнопропорциональная
- 3) нелинейно убывающая
- 4) нелинейно возрастающая

19. Составьте справедливое утверждение “Зависимость коэффициента нелинейности скоростной характеристики коллекторного тахогенератора от нагрузки...”:

- 1) прямопропорциональная
- 2) обратнопропорциональная
- 3) нелинейно возрастающая
- 4) нелинейно убывающая

20. Расположите датчики в порядке возрастания диапазона измеряемых скоростей:

- 1) коллекторный тахогенератор
- 2) фотоимпульсный тахогенератор
- 3) импульсный индукционный тахогенератор

21. Рассчитайте частоту выходного сигнала фотоимпульсного тахогенератора, если его модулирующий диск содержит 10 отверстий, а скорость вращения равна 1500 об/мин:

- 1) $f_{\text{вых}} = 50 \text{ Гц}$
- 2) $f_{\text{вых}} = 100 \text{ Гц}$
- 3) $f_{\text{вых}} = 150 \text{ Гц}$
- 4) $f_{\text{вых}} = 250 \text{ Гц}$

22. Расположите факторы, определяющие нелинейность скоростной характеристики коллекторного тахогенератора в порядке уменьшения их степени влияния:

- 1) реакция якоря
- 2) температурный дрейф сопротивления якорной обмотки
- 3) повышение плотности тока в щёточно-коллекторном узле

23. Расположите меры, используемые для повышения стабильности характеристик коллекторных тахогенераторов при эксплуатации в порядке снижения их степени важности:

- 1) гибкое соединение вала тахогенератора с валом серводвигателя
- 2) обеспечение принципа согласованности якорной обмотки и фильтра во всём интервале измеряемых скоростей
- 3) своевременная замена предварительно прикатанных щёток

24. Рассчитать, сколько прорезей содержит пятый разряд диска грубого считывания

датчика положения с двоичной кодовой маской и одним кодовым диском:

- 1) 8
- 2) 16
- 3) 32
- 4) 64
- 5) 138

25. Найти передаточное число редуктора между двумя кодовыми дисками пятнадцатиразрядного преобразователя считывания, если применён двоичный код, а диск грубого считывания содержит 5 разрядов:

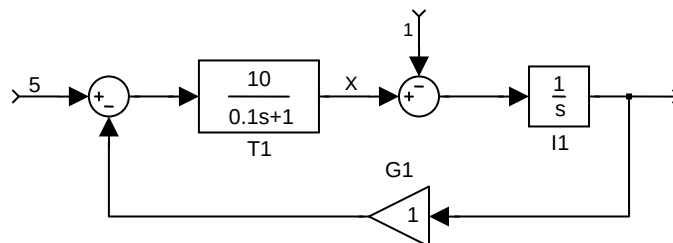
- 1) 8
- 2) 16
- 3) 32
- 4) 64
- 5) 138

26. Рассчитать, сколько прорезей содержит восьмой кодовый разряд пятнадцатиразрядного преобразователя считывания, если диск грубого считывания выполнен пяти разрядным, а на диске точного считывания есть служебный разряд, используемый для согласования:

- 1) 8
- 2) 16
- 3) 32
- 4) 64

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

Задание 1



Отметьте правильный ответ:

В установившемся режиме выходная величина блока T1 (X) для приведенной структуры будет равна

- 0
- 0,1
- 0,5
- + 1,0

Задание 2

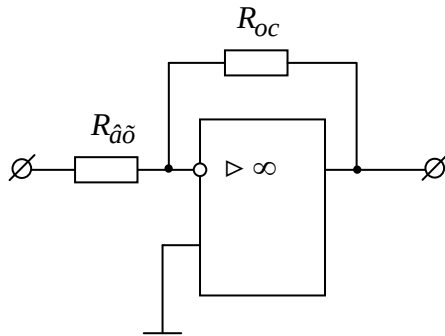
Выбрать правильный ответ:

Для приведенной структуры ДПТ при увеличении питающего напряжения U_a установившееся значение скорости ω :

- + увеличится
- уменьшится

- останется неизменным

Задание 3

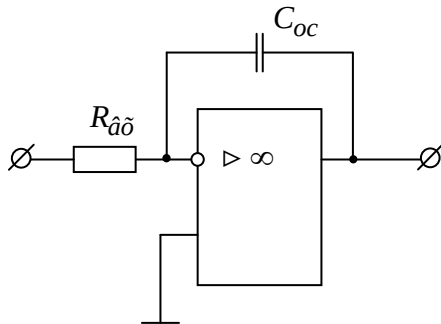


Определить тип регулятора и его передаточную функцию.

Варианты ответа:

- 1) П-регулятор, $W_i = \beta; +$
- 2) И-регулятор, $W_{\dot{e}} = \frac{\beta}{\tau s};$
- 3) ПИ-регулятор, $W_{i\dot{e}} = \frac{\beta(\tau s + 1)}{\tau s}.$

Задание 4

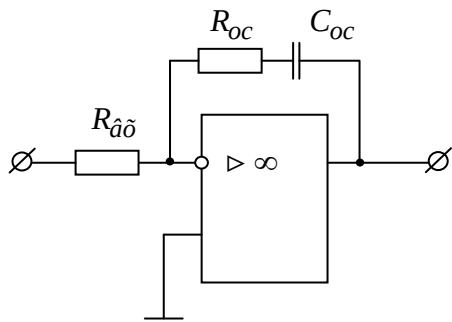


Определить тип регулятора и его передаточную функцию.

Варианты ответа:

- 1) П-регулятор, $W_i = \beta;$
- 2) И-регулятор, $W_{\dot{e}} = \frac{\beta}{\tau s}; +$
- 3) ПИ-регулятор, $W_{i\dot{e}} = \frac{\beta(\tau s + 1)}{\tau s}.$

Задание 5

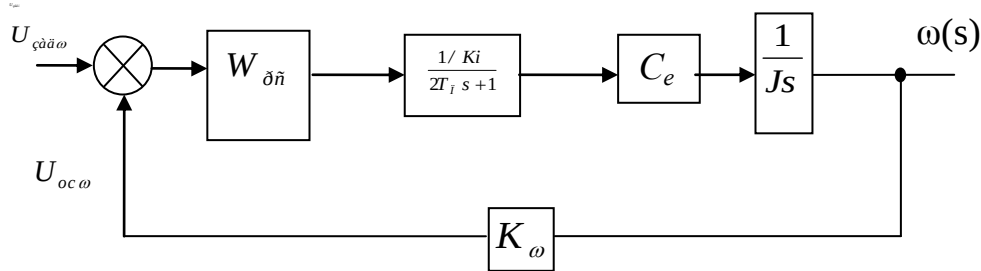


Определить тип регулятора и его передаточную функцию.

Варианты ответа:

- 1) П-регулятор, $W_{\tilde{i}} = \beta$;
- 2) И-регулятор, $W_{\tilde{e}} = \frac{\beta}{\tau s}$;
- 3) ПИ-регулятор, $W_{\tilde{i}\tilde{e}} = \frac{\beta(\tau s + 1)}{\tau s}$.

Задание 6



Рассчитать передаточную функцию регулятора контура скорости при настройке его на модульный оптимум. Параметры элементов схемы имеют следующие численные значения:

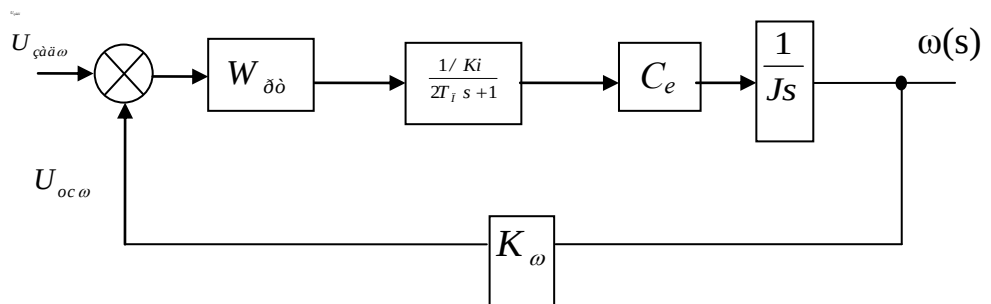
$$K_i = 2; T_{\hat{a}} = 5 \text{ мс}; T_{\tilde{i}} = 0,2 \text{ мс}; R_{\hat{a}} = 0,67 \text{ Ом}; K_{\tilde{i}} = 2,4; K_{\tilde{a}} = 20; K_{\omega} = 0,012 \frac{\hat{A} \cdot \tilde{n}}{\delta \hat{a} \tilde{a}};$$

$$J = 6 \cdot 10^{-5} \hat{e} \tilde{a} \cdot \hat{i}^2.$$

Варианты ответа:

- 1) 2;+
- 2) 10/s;
- 3) 15;
- 4) $\frac{2s + 1}{s}$.

Задание 7



С помощью метода подчиненного регулирования осуществить настройку данного контура

на модульный оптимум. Передаточная функция регулятора скорости при этом будет иметь вид:

- 1) $\frac{JK_i}{C_e K_\omega}; +$
- 2) $\frac{C_e s + 1}{s};$
- 3) $\frac{C_e s}{JK_\omega};$
- 4) $\frac{K_i}{K_\omega}.$

Задание 8

Коэффициент передачи ЦАП:

Варианты ответа:

- 1) $\frac{U_{\tilde{n}}}{2^n - 1}; +$
- 2) $\frac{2^n - 1}{\varphi_{c \max}};$
- 3) $\frac{U_{\tilde{n}}}{\varphi_{c \max}};$
- 4) $2^n + 1.$

Задание 9

Для расчета коэффициента передачи АЦП используется формула:

Варианты ответа:

- 1) $\frac{U_{\tilde{n}}}{2^n - 1};$
- 2) $\frac{2^n - 1}{\varphi_{c \max}}; +$
- 3) $\frac{U_{\tilde{n}}}{\varphi_{c \max}};$
- 4) $2^n + 1.$

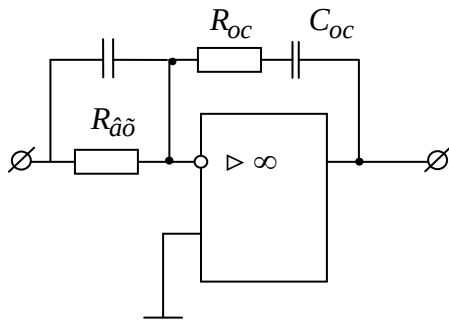
Задание 10

Составить передаточную функцию регулятора.

Варианты ответа:

- 1) $\frac{U_{\tilde{n}}}{2^n - 1};$
- 2) $\frac{2^n - 1}{\varphi_{c \max}};$
- 3) $K_{\tilde{I}} + \dot{O}_{\tilde{A}} s + \frac{1}{\dot{O}_{\tilde{E}} s}; +$

4) $2^n + 1$.



Задание 11

Передаточная функция ПИД-регулятора:

- 1) k 2) $\frac{k}{s}$ 3) $k \cdot s$ 4) $\frac{k(Ts + 1)}{s}$ 5) $\frac{k(T_1 T_2 s^2 + T_2 s + 1)}{s}$

Задание 12

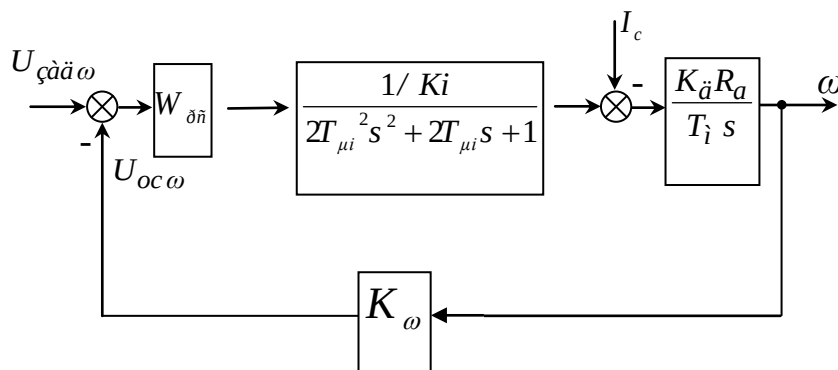
Отметьте правильный ответ:

При настройке контура регулирования на симметричный оптимум передаточная функция замкнутого контура имеет вид:

- 1) $W(p) = \frac{1/k_{o.c.}}{2T_{\mu}^2 p^2 + 2T_{\mu} p + 1}$ 2) $W(p) = \frac{4T_{\mu} p + 1}{8T_{\mu}^2 p^2 (T_{\mu} p + 1)}$
 3) $W(p) = \frac{1}{2T_{\mu} p (T_{\mu} p + 1)}$ 4) $W(p) = \frac{4T_{\mu} p + 1}{(2T_{\mu} p + 1)(4T_{\mu}^2 p^2 + 2T_{\mu} p + 1)}$

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

Задание 1



Определить установившееся значение скорости электропривода при подаче на вход задающего напряжения, равного 10В.

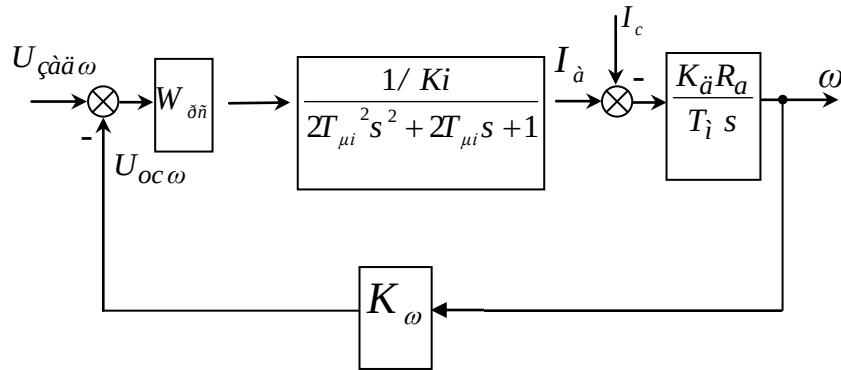
$$K_i = 2; T_{\hat{a}} = 5 \text{ мс}; T_{\mu} = 0,2 \text{ мс}; R_a = 0,67 \text{ Ом}; K_{\hat{i}} = 2,4; K_{\hat{a}} = 20; K_{\omega} = 0,012 \frac{\hat{A} \cdot \hat{n}}{\hat{\partial} \hat{a}\hat{a}};$$

$$J = 6 \cdot 10^{-5} \hat{e} \hat{\alpha} \cdot \hat{i}^2, W_{\delta\hat{n}} = 2, I_c = 0.$$

Варианты ответа:

- 1) 314 рад/с;
- 2) 200 рад/с; +
- 3) 628 рад/с;
- 4) 0 рад/с.

Задание 2

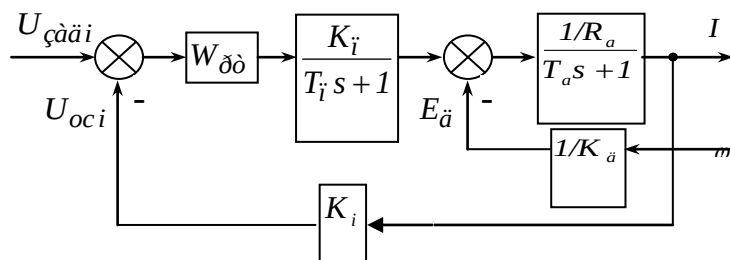


Определить установившееся значение тока якоря при токе нагрузки $I_c = 1\text{А}$ и $U_{\zeta \ddot{\alpha} \omega} = 10\text{В}$. Параметры схемы: $K_i = 2$; $T_a = 5\text{мс}$; $T_{\mu} = 0,2\text{мс}$; $R_a = 0,67\text{Ом}$; $K_{\dot{i}} = 2,4$; $K_{\ddot{a}} = 20$; $K_{\omega} = 0,012 \frac{\text{В} \cdot \ddot{n}}{\text{рад/с}}$; $J = 6 \cdot 10^{-5} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$, $W_{\delta \ddot{n}} = 2$.

Варианты ответа:

- 1) 1 А; +
- 2) 0 А;
- 3) 2 А;
- 4) 1,5 А.

Задание 3



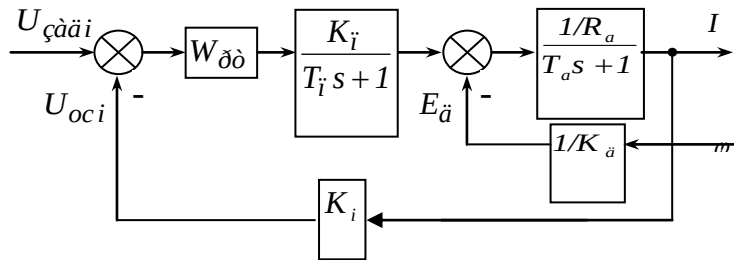
Рассчитать передаточную функцию регулятора тока $W_{\delta \ddot{o}}$ при настройке контура на модульный оптимум. Обратную связь по ЭДС не учитывать. Параметры элементов контура: $K_i = 2$; $T_a = 5\text{мс}$; $T_{\dot{i}} = 0,2\text{мс}$; $R_a = 0,67\text{Ом}$; $K_{\dot{i}} = 2,4$; $K_{\ddot{a}} = 20$.

Выбрать правильный ответ:

- 1) 20;
- 2) $2+4/s$;
- 3) $1,74+349/s$; +

4) $3/S$.

Задание 4

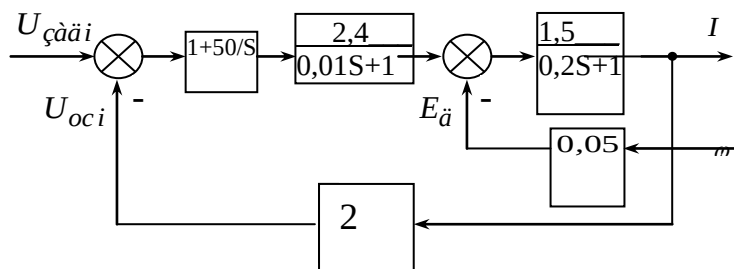


Определить передаточную функцию регулятора тока при заданных параметрах. Контур тока настроен на модульный оптимум.

Варианты ответа:

- 1) $\frac{R_a T_a}{2T_i K_i K_i} + \frac{R_a}{2T_i S K_i K_i} \cdot \frac{1}{S}; +$
- 2) $\frac{1}{K_i S};$
- 3) $\frac{K_i K_i S}{T_i} + 1;$
- 4) $\frac{1}{K_i}.$

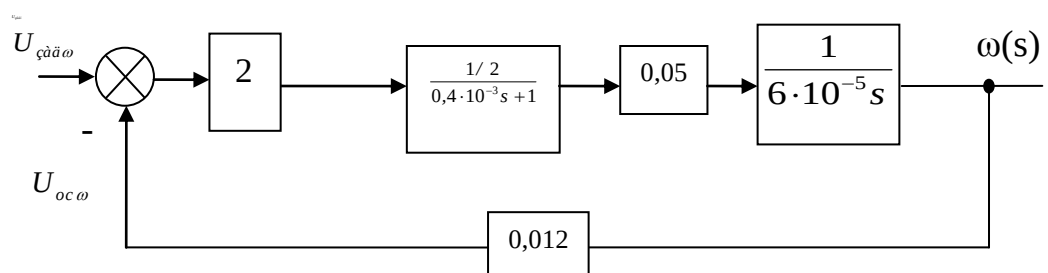
Задание 5



При подаче на вход контура тока единичного скачкообразного воздействия установившаяся ошибка будет равна:

- 1) 0;
- 2) 0,5;
- 3) 1;
- 4) 4,2.

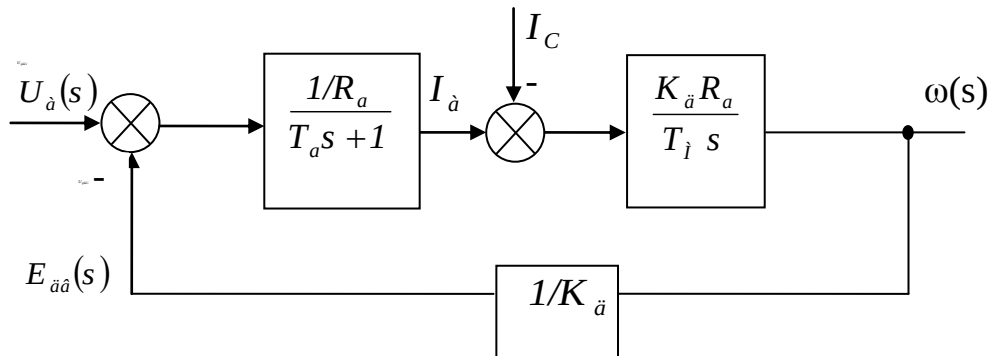
Задание 6



При подаче на вход системы скачкообразного воздействия $U_{\zeta\grave{a}\grave{a}\omega} = 10\hat{A}$ на выходе сумматора будет сигнал, равный:

- 1) 5В;
- 2) 0В;+
- 3) 1,5 В;
- 4) 4В.

Задание 7

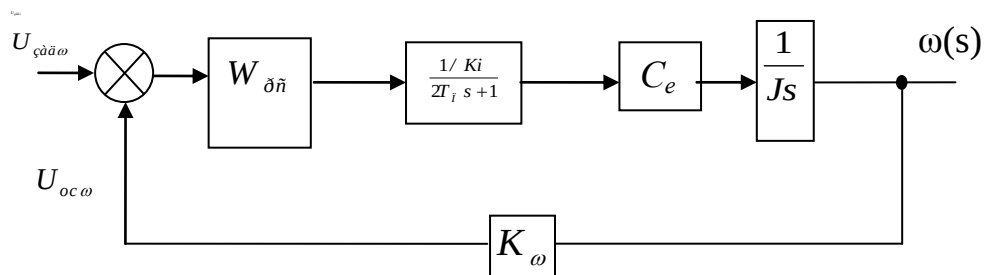


Составить передаточную функцию по управляющему воздействию для двигателя постоянного тока структурной схемы, которая изображена на рисунке.

Варианты ответа:

- 1) $\frac{K_a R_a}{T_i s}$;
- 2) $1/K_a$;
- 3) $\frac{K_a R_a (T_a s + 1)}{T_a T_i s^2 + T_i s + 1}$;
- 4) $\frac{K_a}{T_a T_i s^2 + T_i s + 1} \cdot +$

Задание 8



Составить передаточную функцию по возмущающему воздействию для двигателя постоянного тока структурной схемы, которая изображена на рисунке.

Варианты ответа:

- 1) $\frac{K_{\ddot{a}} R_a}{T_i s}$;
- 2) $1/K_{\ddot{a}}$;
- 3) $-\frac{K_{\ddot{a}} R_a (T_a s + 1)}{T_a T_i s^2 + T_i s + 1}$; +
- 4) $\frac{K_{\ddot{a}}}{T_a T_i s^2 + T_i s + 1}$.

Задание 9

Осуществить расчет коэффициента передачи ЦАП, если $U_{\ddot{u}} = 10\hat{A}$, а $n_{\ddot{O}\ddot{A}\ddot{I}} = 4$

- 1) 2;
- 2) 0,67;+
- 3) 1;
- 4) 0,5.

Задание 10

Осуществить расчет коэффициента передачи АЦП, если $\varphi_{\ddot{n} max} = 0,5$, а $n_{\ddot{A}\ddot{O}\ddot{I}} = 4$.

Варианты ответа:

- 1) 16;
- 2) 15;
- 3) 30;+
- 4) 1.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к экзамену

1. Поколения промышленных роботов
2. Области применения ПР.
3. История развития робототехники
4. Классификация ПР.
5. Основные термины и определения робототехники.
6. Робот в системе комплексной автоматизации производства
7. Структура исполнительных устройств робота.
8. Приводы роботов. Определение. Назначение, классификация.
9. Кинематические схемы манипуляторов.
10. Захватные устройства и их классификация.
11. Назначение и классификация информационных устройств.
12. Иерархическая структура системы управления.
13. Варианты кинематической модели. Кинематические характеристики

14. Выбор кинематических схем и кинематических параметров ПР.
15. Выбор точностных и скоростных параметров ПР.
16. Сущность системного подхода к вопросам анализа и синтеза роботов и РТС.
17. Понятие системы и ее атрибуты.
18. Особенности робота как системы, функции робота.
19. Структура робота в составе РТС. Энергетический и информационный потоки в роботе.
20. Компонировка РТС и основные схемы применения ПР.
21. Функции, характеристики и типы ПР.
22. Функциональная схема РТС.
23. Роботы непромышленного применения.
24. Общая структура ПО управляющих ЭВМ.
25. Структура роботизированных производств.
26. Агрегатно-модульный принцип построения ПР.
27. Датчики внутренней и внешней информации.
28. Классификация систем управления.
29. Специальные языки программирования роботов.
30. Функциональная схема электропривода.
31. Структура роботизированных производств.
32. Рычажные, пантографные, рычажно-зубчатые механизмы.
33. Уравновешивающие механизмы промышленных роботов.
34. Структура РТС в составе ГПС. Два варианта постановки задачи проектирования.
35. Кинематическая точность ПР.
36. Линейная и угловая ошибки ПР.
37. Алгоритм структурного и кинематического синтеза компоновок агрегатно-модульных ПР.
38. Выбор компоновки ПР по условиям точности и быстродействия.

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

(Например: Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.)

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Системный подход к проектированию ПР и РТС. Обобщенная структура и	ПК-4	Тест, требования к курсовому проекту....

	алгоритмы проектирования роботов		
2	Агрегатно-модульный метод построения промышленных роботов. Алгоритмы проектирования подсистем промышленного робота	ПК-4	Тест, требования к курсовому проекту....
3	Кинематика и динамика робота. Конструирование манипуляционных механизмов	ПК-4	Тест, требования к курсовому проекту....
4	Расчет и выбор захватных устройств ПР. Расчет и конструирование механизмов передач ПР	ПК-4	Тест, требования к курсовому проекту....
5	Принципы построения РТС. Алгоритмы проектирования. Алгоритмы расчета геометрической компоновки РТС. Варианты компоновок.	ПК-4	Тест, требования к курсовому проекту....
6	Разработка и выбор транспортно-технологических и структурно-компоновочных схем	ПК-4	Тест, требования к курсовому проекту....

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсовой работы, курсового проекта или отчета по всем видам практик осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения

ДИСЦИПЛИНЫ

1. Лукинов А.П. Проектирование мехатронных и робототехнических устройств: учеб. пособие. – СПб.: Издательство «Лань». 2012.
2. Проектирование исполнительных систем роботов: учебное пособие / [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые и граф. данные (Мб) / В.А. Трубецкой, В.А. Медведев, С.С. Ревнёв. - Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2018.
3. Методические указания по выполнению курсового проекта по дисциплине «Проектирование роботов и РТС» для студентов направления 221000.62 «Мехатроника и робототехника» профиль «Промышленная и специальная робототехника» очной формы обучения/Воронеж. гос. техн. ун-т; Сост. Трубецкой В.А.. Воронеж, 2015. – 15 с.
4. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине "Проектирование роботов и РТС" для студентов специальности 220402 "Роботы и робототехнические системы" очной и очно-заочной форм обучения / ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет»; сост. В.А. Трубецкой, С.С. Ревнёв. Воронеж, 2010. 30 с.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Лицензионное программное обеспечение

1. LibreOffice;
2. Apache OpenOffice 4.1.11;
3. Windows Professional 8.1 (7 и 8) Single Upgrade MVL A Each Academic;
4. Acrobat Pro 2017 Multiple Platforms Russian AOO License TLP;
5. FEMM 4.2;
6. SciLab;
7. MATLAB Classroom;
8. Simulink Classroom.

Отечественное ПО

1. «Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах «Антиплагиат. ВУЗ»».
2. Модуль «Программный комплекс поиска текстовых заимствований в открытых источниках сети интернет «Антиплагиатинтернет»».
3. Модуль обеспечения поиска текстовых заимствований по коллекции диссертаций и авторефератов Российской государственной библиотеки (РГБ).
4. Модуль поиска текстовых заимствований по коллекции научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU.

Ресурс информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»
<http://www.edu.ru/>

Информационная справочная система

1. <http://window.edu.ru>
2. <https://wiki.cchgeu.ru/>

Современные профессиональные базы данных

1. Электротехника. Сайт об электротехнике
Адрес ресурса: <https://electrono.ru>
2. Электротехнический портал
<http://электротехнический-портал.рф/>
3. Силовая электроника для любителей и профессионалов
Адрес ресурса: <http://www.multikonelectronics.com/>
4. Netelectro

Новости электротехники, оборудование и средства автоматизации.

Информация о компаниях и выставках, статьи, объявления

Адрес ресурса: <https://netelectro.ru/>

5. Marketelectro

Отраслевой электротехнический портал. Представлены новости отрасли и компаний, объявления, статьи, информация о мероприятиях, фотогалерея, видеоматериалы, нормативы и стандарты, библиотека, электромаркетинг.

Адрес ресурса: <https://marketelectro.ru/>

6. Электромеханика

Адрес ресурса: <https://www.electromechanics.ru/>

7. Electrical 4U

Разделы сайта: «Машины постоянного тока», «Трансформаторы», «Электротехника», «Справочник»

Адрес ресурса: <https://www.electrical4u.com/>

8. All about circuits

Одно из самых крупных онлайн-сообществ в области электротехники. На сайте размещены статьи, форум, учебные материалы (учебные пособия, видеолекции, разработки, вебинары) и другая информация

Адрес ресурса: <https://www.allaboutcircuits.com>

9. Библиотека ООО «Электропоставка»

Адрес ресурса: <https://elektropostavka.ru/library>

10. Электрик

Адрес ресурса: <http://www.electrik.org/>

11. Чертежи.ru

Адрес ресурса: <https://chertezhi.ru/>

12. Электроспец

Адрес ресурса: <http://www.elektrospets.ru/index.php>

13. Библиотека WWER

Адрес ресурса: <http://lib.wwer.ru>

14. Единая система конструкторской документации.

Адрес ресурса: [https://](https://standartgost.ru/0/2871-edinaya_sistema_konstruktskoy_dokumentatsii)

standartgost.ru/0/2871-edinaya_sistema_konstruktskoy_dokumentatsii

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Специализированная лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Основы проектирования роботов и робототехнических систем» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы, выполняется курсовой проект.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета элементов робототехнических систем и роботов. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Методика выполнения курсового проекта изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсового проекта должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсового проекта, защитой курсового проекта.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять

	теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом с оценкой, экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП