

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В. Г. ШУХОВА»**  
(БГТУ им. В. Г. Шухова)

УТВЕРЖДАЮ  
Директор института ЭИТУС  
А. В. Белоусов  
« 14 » мая 20 21 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины (модуля)

Манипуляционные робототехнические системы

Направление подготовки (специальность):

15.03.06 Мехатроника и робототехника

Направленность программы (профиль, специализация):

Мехатроника и робототехника

Квалификация:

бакалавр

Форма обучения

очная

Институт Энергетики, информационных технологий и управляющих систем

Кафедра Технической кибернетики



## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
	ПК-1. Способен выбирать способы роботизации отдельных функций производственного процесса и оценивать их эффективность	ПК-1.1. Выбирает способы управления робототехническими системами различного назначения	<p><b>Знать:</b> возможности и области применения различных манипуляторов; методы анализа и синтеза систем логического управления (СЛУ) и управляющих автоматов (УА) для манипуляционных робототехнических систем;</p> <p><b>Уметь:</b> анализировать промышленные объекты, как объекты логического управления, и использовать для их автоматизации манипуляторы;- технически грамотно формулировать цели и задачи разработки и применения промышленных манипуляторов и манипуляционных робототехнических систем, составлять технические задания на создание управляющих автоматов такими системами;</p> <p><b>Владеть:</b> навыками разработки экспериментальных макетов управляющих, информационных и исполнительных модулей мехатронных и робототехнических систем</p>
	ПК-2. Способен разрабатывать управляющие устройства отдельных мехатронных модулей и робототехнических устройств манипуляционного и мобильного классов на базе стандартных комплектов элементов автоматизации и микроконтроллерной техники	ПК-2.1. Разрабатывает системы управления манипуляционными роботами	<p><b>Знать:</b> кинематику, конструктивные особенности, датчики и приводы манипуляторов; современные направления исследований в области манипуляционных робототехнических систем.</p> <p><b>Уметь:</b> разрабатывать алгоритмы и программы работы манипуляционных робототехнических систем и СЛУ, реализовать их на различной технической базе; разрабатывать функциональные, структурные и</p>

			<p>принципиальные схемы, системы очувствления, адаптации и управления промышленными манипуляторами и манипуляционными робототехническими системами.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками программирования алгоритмов работы роботов тех или иных видов; навыками эксплуатации тех или иных видов промышленных манипуляторов и манипуляционных робототехнических систем; навыками синтеза управляющих автоматов СЛУ и промышленных манипуляторов регулярными методами</p>
--	--	--	---

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

**1. Компетенция ПК-1.** Способен выбирать способы роботизации отдельных функций производственного процесса и оценивать их эффективность

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Теория автоматического управления
2	Технические средства систем управления роботов
3	Математический анализ
4	Приводы мехатронных и робототехнических систем

**2. Компетенция ПК-2.** Способен разрабатывать управляющие устройства отдельных мехатронных модулей и робототехнических устройств манипуляционного и мобильного классов на базе стандартных комплектующих элементов автоматики и микроконтроллерной техники

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
5	Теория автоматического управления
6	Технические средства систем управления роботов
7	Математический анализ
8	Приводы мехатронных и робототехнических систем

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зач. единиц, 180 часов.

Форма промежуточной аттестации экзамен

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 7	Семестр № 8
Общая трудоемкость дисциплины, час	180		
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в том числе:</b>	<b>73</b>	<b>51</b>	<b>22</b>
лекции	42	34	10
лабораторные	25	17	8
практические	0	0	0
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	6	3	3
<b>Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:</b>	<b>107</b>	<b>54</b>	<b>53</b>
курсовой проект	0	0	0
курсовая работа	0	0	0
расчетно-графическое задание	0	0	0
индивидуальное домашнее задание	0	0	0
самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	46	23	23
экзамен	36	0	36

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Наименование тем, их содержание и объем

Курс 4. Семестр 7

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
1	2	3	4	5	6
<b>1.</b>	<b>Основы конструкции, кинематики и динамики манипуляторов</b>				
	Введение в дисциплину. Цели и задачи дисциплины. Область применения манипуляционных робототехнических систем в строительной индустрии. Классификация средств механизации. О двух подходах к решению задачи синтеза управляющего автомата и управляющих устройств роботов	2			2
	Общие вопросы и основные понятия робототехники. Классификация робототехнических систем	2			4
	Основы кинематики и конструкции манипуляторов. Кинематические цепи и пары манипуляторов. Построение структурно-кинематических схем промышленных роботов. Виды привязок перемещений рабочего органа	8			22
	Векторно-матричные методы, применяемые в робототехнике. Параллельный перенос и вращение систем осей. Система осей манипуляторов. Выбор и преобразование	6		6	10
	Обратная задача о положении манипулятора. Постановка обратной задачи. Методы решения обратной задачи	4		6	10
<b>2.</b>	<b>Математическое обеспечение систем логического управления манипуляционными робототехническими системами</b>				
	Конечно-автоматное описание алгоритмов управления. Сети Петри. Граф операций. Эквивалентность сети Петри и конечно автоматного графа	6		5	4
	Этапы синтеза систем логического управления и виды их реализаций. Синтез систем логического управления и виды их реализации. Разработка функциональной схемы автоматизации. Моделирование работы объектов помеченными сетями Петри. Упрощенная структурная схема системы с УА управления роботом или ТОУ.	6			2
	<b>ВСЕГО</b>	<b>34</b>		<b>17</b>	<b>54</b>

## Курс 4. Семестр 8

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
1	2	3	4	5	6
<b>1.</b>	<b>Средства оучувствления промышленных манипуляторов и их исполнительные механизмы</b>				
	Принципы действия средств оучувствления. Классификация информационных систем (датчиков) робота. Датчики для измерения перемещений	8		4	34
	Датчики измерения в дальней зоне. Оучувствление в ближней зоне	2			
<b>2.</b>	<b>Применение манипуляционных робототехнических систем</b>				
	Применение манипуляторов в гибких производственных системах для автоматизации технологических процессов	6			7
	Интеллектуальные робототехнические системы, подходы к построению и применению	6		4	6
	<b>ВСЕГО</b>	<b>22</b>		<b>8</b>	<b>53</b>

### 4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

Не предусмотрено учебным планом.

### 4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	Колич. часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
<b>Семестр № 7</b>				
1	<b>Основы конструкции, кинематики и динамики манипуляторов</b>	Исследование решения прямой задачи кинематики манипулятора	6	6
2	<b>Основы конструкции, кинематики и динамики манипуляторов</b>	Изучение решения обратной задачи кинематики манипулятора	6	6
3	<b>Математическое обеспечение систем логического управления манипуляционными робототехническими системами</b>	Изучение роботизированных комплексов на примере пятиосевого учебного робота НПИ «Уралучтех» с компьютерной системой управления	5	5
		<b>Итого</b>	<b>17</b>	<b>17</b>
<b>Семестр № 8</b>				

1	<b>Применение манипуляционных робототехнических систем</b>	Разработка алгоритма работы и программирования робота ТН-350А (робот ТН-350А в функции программного робота)	4	4
2	<b>Средства очувствления промышленных манипуляторов и их исполнительные механизмы</b>	Использование системы технического зрения (СТЗ) для выполнения роботом ТН-350А интеллектуальных задач (робот ТН-350А в функции интеллектуального робота)	4	4
Итого:			8	8
ВСЕГО:			25	23

#### 4.4. Содержание курсового проекта/работы

Не предусмотрено учебным планом.

#### 4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий

Не предусмотрено учебным планом.

### 5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

#### 5.1. Реализация компетенций

**1. Компетенция ПК-1.** Способен выбирать способы роботизации отдельных функций производственного процесса и оценивать их эффективность.

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-1.1. Выбирает способы управления робототехническими системами различного назначения	Экзамен, защита лабораторных работ

**2. Компетенция ПК-2.** Способен разрабатывать управляющие устройства отдельных мехатронных модулей и робототехнических устройств манипуляционного и мобильного классов на базе стандартных комплектующих элементов автоматики и микроконтроллерной техники.

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-2.1. Разрабатывает системы управления манипуляционными роботами	Экзамен, защита лабораторных работ



## 5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

### 5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для экзамена / дифференцированного зачета / зачета

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	<b>Основы конструкции, кинематики и динамики манипуляторов</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Общие вопросы и основные понятия робототехники. Промышленный робот. Манипулятор. Структурная компоновка основных систем промышленного робота. Рабочая зона и пространство. Зона обслуживания.</li><li>2. Классификация промышленных роботов. Основные признаки классификации роботов.</li><li>3. Кинематические цепи и пары. Поступательная и вращательная пары. Условные обозначения основных элементов структурно-кинематических схем манипуляторов.</li><li>4. Построение структурно-кинематических схем промышленных роботов. Ориентация кинематических пар рабочего органа относительно правой системы координат. Типы крепления роботов</li><li>5. Классификация роботов по виду систем координат. Виды компоновок (цилиндрическая, сферическая, SCARA и др.)</li><li>6. Понятие абсолютных и относительных (обобщенных) координат. Преобразование систем координат из подвижной системы в неподвижную. Понятие однородных координат.</li><li>7. Понятие однородных координат. Простейшие операции над системами координат. Вращение вокруг осей OX, OY, OZ, перемещение вдоль OX, OY, OZ. Операция сложного поворота.</li><li>8. Система осей звеньев манипулятора. Выбор и преобразование. Матрица Денавита-Хартенберга.</li><li>9. Прямая задача о положении манипулятора. Последовательность решения прямой задачи. Пример.</li><li>10. Обратная задача о положении манипулятора. Методы решения. Геометрический метод.</li><li>11. Динамика манипулятора. Метод Лагранжа-Эйлера. Скорость произвольной точки звена манипулятора.</li><li>12. Динамика манипулятора. Кинетическая энергия манипулятора.</li><li>13. Динамика манипулятора. Потенциальная энергия манипулятора. Уравнение движения манипулятора.</li><li>14. Динамика манипулятора. Уравнения Ньютона-Эйлера. Вращающиеся системы координат.</li></ol>

		<p>15. Динамика манипулятора. Уравнения Ньютона-Эйлера. Подвижные системы координат.</p> <p>16. Динамика манипулятора. Уравнения Ньютона-Эйлера. Кинематика звеньев. Рекуррентные уравнения динамики манипулятора</p>
2	<b>Математическое обеспечение систем логического управления манипуляционными робототехническими системами</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Подходы к решению задачи синтеза управляющего автомата и управляющего устройства робота. Пример</li> <li>2. Математическое обеспечение систем логического управления робототехническими системами. Конечно-автоматное описание. Сети Петри. Преобразование сети Петри в конечно-автоматный граф.</li> <li>3. Виды сетей Петри. Правило срабатывания переходов. Примеры.</li> <li>4. Правильные сети Петри. Живость и безопасность сетей Петри. Дерево достижимых маркировок. Примеры</li> <li>5. Граф операций. Эквивалентность конечно-автоматного графа и графа операций.</li> <li>6. Этапы синтеза систем логического управления и виды их реализации. Проектирование на основе сетей Петри. Универсальная программа логического управления.</li> <li>7. Моделирование объектов помеченными сетями Петри (с помощью графа операций). Пример.</li> <li>8. Упрощенная структура системы управления роботами и технологическими объектами управления на базе управляющего автомата (УА). Стандартная позиционная структура построения УА. Уравнения для Блока логического управления. Комбинационные логические функции.</li> <li>9. Стандартная позиционная структура построения УА. Уравнения для Блока логического управления. Последовательностные логические функции. Функции памяти. Функции счета. Функции задержки. Функции перехода.</li> <li>10. Стандартная позиционная структура построения УА. Уравнения для блока индикации операций. Уравнения для блока выхода.</li> <li>11. Уравнения блоков для реализации управляющего автомата технологического объекта. Функциональная схема управляющего автомата. Пример.</li> <li>12. Основные матрицы универсальной программы логического управления. Пример построения.</li> </ol>
3	<b>Средства очувствления промышленных манипуляторов и их исполнительные механизмы</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Средства очувствления и зрения роботов. Классификация датчиков робота. Датчики измерения в дальней зоне. Метод триангуляции.</li> <li>2. Классификация датчиков робота. Метод подсветки. Определение расстояния до объекта на основе телевизионной камеры.</li> <li>3. Классификация датчиков робота. Измерение расстояния по времени прохождения сигнала. Соотношения длин волн и радиочастот.</li> <li>4. Классификация датчиков робота. Очувствление в ближней зоне. Индуктивные датчики</li> </ol>

		5. Классификация датчиков робота. Очувствление в ближней зоне. Датчики Холла. 6. Классификация датчиков робота. Очувствление в ближней зоне. Емкостные датчики. Тактильные датчики. Искусственная кожа.
4	<b>Применение манипуляционных робототехнических систем</b>	7. Опишите применение манипуляторов в гибких производственных системах для автоматизации технологических процессов 8. Приведите примеры интеллектуальных робототехнических систем и подходы к их построению и применению

### 5.2.2. Перечень контрольных материалов для защиты курсового проекта / курсовой работы

Не предусмотрено учебным планом.

### 5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре

В лабораторном практикуме по дисциплине представлен перечень работ, обозначены цель и задачи, необходимые теоретические и методические указания к работе, перечень контрольных вопросов.

Защита лабораторных работ возможна после проверки правильности выполнения задания, оформления отчета. Защита проводится в форме собеседования преподавателя со студентом по теме работы. Примерный перечень контрольных вопросов для защиты практических работ представлен в таблице.

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
1.	Лабораторная работа №1. Исследование решения прямой задачи кинематики манипулятора	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Какие методы решения прямой задачи кинематики Вы знаете?</li> <li>2. В чем заключается понятие обобщенных координат?</li> <li>3. Что такое однородные координаты, в чем заключается их применение?</li> <li>4. Что такое матрица Денавита-Хартенберга?</li> <li>5. Как осуществлять построение структурно-кинематических схем манипуляторов? Приведите пример.</li> <li>6. Выберите подходящую модель робота из современной номенклатуры манипуляторов, способных выполнять заданную технологическую операцию в заданной рабочей зоне с объектами манипулирования заданных габаритов и массы.</li> <li>7. Опишите алгоритм построения рабочей зоны исследуемого манипулятора и продемонстрируйте его реализацию в среде Matlab.</li> <li>8. Как расставлять оси систем координат на кинематической схеме манипулятора?</li> <li>9. Как интерпретировать элементы матрицы преобразования одной системы координат в другую.</li> </ol>

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
		<p>10.Продемонстрируйте вывод матрицы поворота вокруг оси OX.</p> <p>11.Продемонстрируйте вывод матрицы поворота вокруг оси OY.</p> <p>12.Продемонстрируйте вывод матрицы поворота вокруг оси OZ.Продемонстрируйте вывод матрицы сложного поворота.</p> <p>13.Продемонстрируйте построение рабочей зоны манипулятора.</p> <p>14.Какие программные средства можно использовать для построения структурно-кинематических схем промышленных роботов и их моделирования.</p>
2.	Лабораторная работа №2. Изучение решения обратной задачи кинематики манипулятора	<p>1. Опишите алгоритм решения обратной задачи кинематики исследуемого манипулятора и продемонстрируйте его реализацию в среде Matlab.</p> <p>2. В чем заключается геометрический метод решения обратной задачи.</p> <p>3. Продемонстрируйте решение обратной задачи кинематики для двухзвенного механизма.</p> <p>4. Продемонстрируйте составление матрицы положения рабочего органа манипулятора.</p> <p>5. Решите обратную задачу кинематики о положении рабочего органа манипулятора для одной из компоновок:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>а) SCARA-робот,</li> <li>б) угловая-вертикальная,</li> <li>в) цилиндрическая,</li> <li>г) сферическая,</li> </ol> <p>1. прямоугольная.</p>

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
3.	Лабораторная работа №3. Изучение роботизированных комплексов на примере пятиосевого учебного робота НПИ «Уралучтех» с компьютерной системой управления	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Опишите особенности формирования пакетов данных для системы управления приводами робота.</li> <li>2. Опишите назначение и параметры команды робота <code>PointHV h v</code>.</li> <li>3. Объясните работу управляющего устройства пятиосевого учебного робота.</li> <li>4. Представьте разработанную вами программу для управления роботом в виде помеченной сети Петри (графа операций).</li> <li>5. Покажите работу вашей программы в режиме имитации.</li> <li>6. Опишите назначение и параметры команды робота</li> <li>7. <code>GotoXYZFW n n n n n</code>. Каковы возможности по перенастройке параметров программы на экранных формах.</li> <li>8. Перечислите функциональные возможности, предоставляемые компьютерной системой управления роботом.</li> <li>9. Что нового вы узнали, выполнив данную работу?</li> <li>10. Можно ли организовать совместную работу двух роботов? Если да, то как, по Вашему мнению, это сделать?</li> <li>11. Распишите подробную запись элементов матриц <math>A_1</math>-<math>A_5</math> и <math>T_5</math> (по указанию преподавателя)</li> </ol>
4.	Лабораторная работа №4. Разработка алгоритма работы и программирования робота ТН-350А (робот ТН-350А в функции программного робота)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Дайте расшифровку аббревиатуры SCARA.</li> <li>2. Расшифруйте маркировку ТН350А.</li> <li>3. Чем SCARA робот выгодно отличается от других типов роботов. В чём его преимущества?</li> <li>4. Что делает приведенная ниже программа? PROGRAM EXAMPLE SPEED=10 MOVE A1 DELAY 0.5 MOVEC A2 END</li> <li>5. Объясните назначение параметров манипулятора X, Y, Z, C, T, CONFIG.</li> <li>6. Как осуществляется управление рабочим органом робота?</li> <li>7. Дайте классификацию робота ТН350А по известным Вам признакам.</li> <li>8. Какой приём можно использовать для повышения гибкости производства с использованием робота ТН350А?</li> </ol>

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
5.	Лабораторная работа №5. Использование системы технического зрения (СТЗ) для выполнения роботом ТН-350А интеллектуальных задач (робот ТН-350А в функции интеллектуального робота)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Два типа сценариев, используемых в данной работе (назначение и отличия, особенности синхронизации их работы).</li> <li>2. Опишите общий порядок выполнения написанной Вами программы, увязав его с заданием.</li> <li>3. Каковы основные характеристики камеры, используемой в работе? Расскажите принцип работы камеры.</li> <li>4. Какие из инструментальных средств приложения Intellect, используются для поиска объектов на изображении?</li> <li>5. Какой метод освещения целесообразно использовать на данном лабораторном стенде и почему? Какие методы освещения объектов Вы знаете?</li> <li>6. Два способа запуска обработки изображения, особенности функционирования.</li> <li>7. Какой тип камеры, используемой в данной работе?</li> <li>8. Каков порядок запуска робота с камерой?</li> <li>9. Какие физические разъемы задействованы при соединении устройств лабораторной работы?</li> <li>10. Возможно ли отличить для данной камеры детали по цвету?</li> </ol>

#### 5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме экзамена, дифференцированного зачета, дифференцированного зачета при защите курсового проекта/работы используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
Знания	Знание терминов, классификаций, основных принципов
	Объем освоенного материала
	Полнота ответов на вопросы
	Четкость изложения и интерпретации знаний
Умения	Умение анализировать промышленные объекты, как объекты логического управления, и использовать для их автоматизации манипуляторы
	Умение разрабатывать алгоритмы и программы работы манипуляционных робототехнических систем и СЛУ
Навыки	Владеть навыками разработки экспериментальных макетов управляющих, информационных и исполнительных модулей мехатронных и робототехнических систем
	Владеть навыками программирования алгоритмов работы роботов тех или иных видов

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание терминов, классификаций, основных принципов	Не знает терминов классификаций, основных принципов	Знает термины классификации, основные принципы, но допускает неточности формулировок	Знает термины классификации, основные принципы	Знает термины классификации, основные принципы, может корректно сформулировать их самостоятельно
Объем освоенного материала	Не знает значительной части материала дисциплины	Знает только основную материал дисциплины, не усвоил его деталей	Знает материал дисциплины в достаточном объеме	Обладает твердым и полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями
Полнота ответов на вопросы	Не дает ответы на большинство вопросов	Дает неполные ответы на все вопросы	Дает ответы на вопросы, но не все – полные	Дает полные, развернутые ответы на поставленные вопросы
Четкость изложения и интерпретации знаний	Излагает знания без логической последовательности	Излагает знания с нарушениями в логической последовательности	Излагает знания без нарушений в логической последовательности	Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя
	Не иллюстрирует изложение поясняющими схемами, рисунками и примерами	Выполняет поясняющие схемы и рисунки небрежно и с ошибками	Выполняет поясняющие рисунки и схемы корректно и понятно	Выполняет поясняющие рисунки и схемы точно и аккуратно, раскрывая полноту усвоенных знаний
	Неверно излагает и интерпретирует знания	Допускает неточности в изложении и интерпретации знаний	Грамотно и по существу излагает знания	Грамотно и точно излагает знания, делает самостоятельные выводы

Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Умение анализировать промышленные объекты, как объекты логического управления, и использовать для их автоматизации манипуляторы	Не умеет анализировать промышленные объекты, как объекты логического управления, и использовать для их автоматизации манипуляторы	Умеет анализировать промышленные объекты, как объекты логического управления	Умеет анализировать промышленные объекты, как объекты логического управления, и использовать для их автоматизации манипуляторы	Умеет самостоятельно анализировать промышленные объекты, как объекты логического управления, и использовать для их автоматизации манипуляторы; составлять технические задания на создание управляющих автоматов такими системами;
Умение разрабатывать алгоритмы и программы работы манипуляционных робототехнических систем и СЛУ	Не умеет разрабатывать алгоритмы и программы работы манипуляционных робототехнических систем и СЛУ	Умеет разрабатывать алгоритмы и программы работы манипуляторов	Умеет разрабатывать алгоритмы и программы работы манипуляционных робототехнических систем и СЛУ	Умеет разрабатывать программы, использующие функциональные средства операционной системы, которые реализуют алгоритмы повышенной сложности; реализовать их на различной технической базе; разрабатывать функциональные, структурные и принципиальные схемы

Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Владеть навыками разработки экспериментальных макетов управляющих, информационных и исполнительных модулей	Не владеет навыками разработки экспериментальных макетов управляющих, информационных и исполнительных модулей	Имеются навыки разработки экспериментальных макетов управляющих, информационных и исполнительных модулей	Владеет навыками разработки экспериментальных макетов управляющих, информационных и исполнительных модулей	Владеет навыками разработки экспериментальных макетов управляющих, информационных и исполнительных модулей



х модулей мехатронных и робототехнических систем	мехатронных и робототехнических систем		мехатронных и робототехнических систем	мехатронных и робототехнических систем; навыками синтеза управляющих автоматов СЛУ и промышленных манипуляторов регулярными методами
Владеть навыками программирования алгоритмов работы роботов тех или иных видов	Не владеет навыками программирования алгоритмов работы роботов тех или иных видов	Владеет базовыми навыками программирования алгоритмов работы роботов тех или иных видов	Владеет навыками программирования алгоритмов работы роботов тех или иных видов	Владеет навыками программирования алгоритмов работы роботов тех или иных видов; навыками эксплуатации тех или иных видов промышленных манипуляторов и манипуляционных робототехнических систем

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Лаборатория робототехнических комплексов УК4 №232	проектор с переносным экраном; система автоматизированного проектирования (CAD) Autodesk Inventor; системы инженерного анализа (CAE) корпорации MSC Software; наборы датчиков и серводвигателей, управляющие контроллеры (Arduino, МИЛАНДР) и одноплатные компьютеры (Raspberry PI, Cubieboard); система технического зрения Cognex DVT 545; манипуляторы ТН-350, лабораторные 5-степенные роботы НПИ Уралучтех; конвейер SCC-900; среда математического моделирования и вычислений MathWorks Individual Licenses (per License): MATLAB 2016b, Simulink, Neural Networks Toolbox, Fuzzy Logic Toolbox, Control System Toolbox (10 лиц. №1145851 бессрочная); среда разработки Microsoft Visual Studio; среда разработки и отладки программ

		промышленного SCARA-робота TSPC; среда разработки программ для промышленной системы технического зрения DVT Intellect 1.4.0; 7 персональных компьютеров с доступом в сеть Интернет.
2	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду
3	Методический кабинет	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук

## 6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения	Реквизиты подтверждающего документа
1	Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017
2	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023
3	Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition»	Сублицензионный договор № 102 от 24.05.2018. Срок действия лицензии до 19.08.2020 Гражданско-правовой Договор (Контракт) № 27782 «Поставка продления права пользования (лицензии) Kaspersky Endpoint Security от 03.06.2020. Срок действия лицензии 19.08.2022г.
4	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
5	Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения

## 6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Конюх В. Л. Основы робототехники / Феникс. 2008. (10 экз.)
2. Булгаков А. Г., Воробьев В. А. Промышленные роботы. Кинематика, динамика, контроль и управление / СОЛОН-Пресс. 2012. (10 экз.)
3. Подураев Ю. В. Мехатроника: основы, методы, применение / Машиностроение. 2007 [электронный ресурс]. URL: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=806](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=806).
4. Родин, Б. П. Механика робота / Вузовское образование. 2013 [электронный ресурс]. URL: <http://www.iprbookshop.ru/18393>.
5. Роботы с компьютерным управлением: лабораторный практикум: учеб. пособие/ В.З.Магергут, В.Г. Рубанов, Д.А. Юдин и др. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. – 154 с.

6. Зенкевич, С.Л. Основы управления манипуляционными роботами: учебник для вузов / С.Л. Зенкевич, А. С. Ющенко. – 2-е изд., исправ. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 480 с.

7. Зенкевич, С.Л. Основы управления манипуляционными роботами: учебник для вузов по спец. «Роботы»/ С.Л. Зенкевич, А. С. Ющенко. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – 399 с.

8. Юревич, Е.И. Робототехника завтра (проблемы и перспективы развития): монография / Е.И. Юревич. – Саарбрюккен: Изд-во LAP LAMBERT, 2013. – 96 с.

9. Корендясев, А.И. Теоретические основы робототехники: монография / А.И. Корендясев, Б.Л. Саламандра, Л.И. Тывес. – М.: Наука. Книга 1. – 2006. – 382 с.

10. Фу, К. Робототехника: Пер. с англ. / К. Фу, Р. Гонсалес, К. Ли. – М.: Мир, 1989. – 624 с.

#### **6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем**

1. [http://servomotors.ru/documentation/robot/robot\\_books.html](http://servomotors.ru/documentation/robot/robot_books.html) – Книги по робототехнике.
2. <http://www.scirp.org/Index.aspx> – 200 наиболее он-лайн известных научно-технологических журналов по различным отраслям знаний в открытом доступе.

## 7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа утверждена на 20\_\_\_\_ / 20\_\_\_\_ учебный год  
без изменений.

Протокол № \_\_\_\_\_ заседания кафедры от «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ В. Г. Рубанов  
подпись \_\_\_\_\_ ФИО

Директор института \_\_\_\_\_ А. В. Белоусов  
подпись \_\_\_\_\_ ФИО