

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

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«Механика электроприводов роботов и манипуляторов»**

**Направление подготовки** 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

**Профиль** Электроприводы и системы управления электроприводов

**Квалификация выпускника** магистр

**Нормативный период обучения** 2 года

**Форма обучения** очная

**Год начала подготовки** 2026

Воронеж 2026

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1. Цели дисциплины

Подготовка студентов к решению задач разработки и реализации проектов систем электроприводов роботов и манипуляторов на основе двигателей постоянного и переменного тока с учетом особенностей манипуляционных устройств как нагрузки для электроприводов роботов.

### 1.2. Задачи освоения дисциплины

- 1) изучить математические модели манипуляционных устройств различного типа;
- 2) освоить методику построения кинематических и динамических моделей манипуляционных устройств как нагрузки для приводов роботов;
- 3) сформировать навыки оценки статических и динамических показателей регулирования координат с учетом особенности манипуляционных устройств как нагрузки для приводов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Механика электроприводов роботов и манипуляторов» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений (дисциплина по выбору) блока Б1.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Механика электроприводов роботов и манипуляторов» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-1 - Способен разрабатывать и реализовывать проекты системы электропривода

| Компетенция | Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции                                                                                                                                                                          |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-1        | Знать основы системного подхода к анализу и синтезу сложных технических систем, математические модели силовых и управляющих элементов электропривода, законы функционирования манипуляционных устройств и процессов преобразования энергии |
|             | Уметь составлять кинематические и динамические модели манипуляционных систем, использовать при выполнении проектных расчетов                                                                                                               |
|             | Владеть методами расчета и выбора устройств электропривода по заданным потребительским показателям                                                                                                                                         |

## 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Механика электроприводов роботов и манипуляторов» составляет 4 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

### очная форма обучения

| Виды учебной работы                   | Всего часов | Семестры |
|---------------------------------------|-------------|----------|
|                                       |             | 2        |
| <b>Аудиторные занятия (всего)</b>     | 36          | 36       |
| В том числе:                          |             |          |
| Лекции                                | 18          | 18       |
| Лабораторные работы (ЛР)              | 18          | 18       |
| <b>Самостоятельная работа</b>         | 108         | 108      |
| Виды промежуточной аттестации - зачет | +           | +        |
| Общая трудоемкость:                   |             |          |
| академические часы                    | 144         | 144      |
| зач.ед.                               | 4           | 4        |

## 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 | Лаб. зан. | СРС | Всего, час |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|-----|------------|
| 1     | Робот как система                                                                                | Подсистемы промышленного робота (ПР) и их функции. Роль исполнительной системы робота. Манипуляционное устройство (МУ) как механическая часть робота и нагрузка для электропривода. | 2    | -         | 12  | 14         |
| 2     | Манипуляционное устройство                                                                       | Виды МУ. Классификация МУ по виду системы координат. Формулировка прямой и обратной задач кинематики. Область использования результатов решения прямой и обратной задач кинематики. | 2    | 4         | 12  | 18         |
| 3     | Вывод уравнений для решения прямой и обратной задач кинематики для различных вариантов МУ        | Манипуляционные устройства с прямоугольной, цилиндрической, угловой и сферической системами координат.                                                                              | 2    | -         | 12  | 14         |
| 4     | Понятие метода однородных координат при составлении матрицы положения захватного устройства (ЗУ) | Методика составления результирующей матрицы положения на примере различных вариантов МУ                                                                                             | 2    | -         | 12  | 14         |
| 5     | Понятие динамической модели МУ. Метод Лагранжа при составлении уравнений движения по сте-        | Анализ уравнений движения для МУ различной конфигурации. Построение структурной схемы динамической модели с использованием прикладных программ.                                     | 2    | 4         | 12  | 18         |

|              |                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                |           |           |            |            |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|------------|------------|
|              | пеням подвижности МУ                                                                                            |                                                                                                                                                                                                |           |           |            |            |
| 6            | Особенности МУ как нагрузки для электроприводов роботов                                                         | Сущность параметрических и координатных возмущений при работе привода на нагрузку в виде МУ. Методика составления динамических моделей МУ.                                                     | 2         | 4         | 12         | 18         |
| 7            | Методы приведения нагрузки в виде МУ к валам исполнительного двигателя                                          | Формулы приведения моментов инерции, а также моментов взаимодействия к валам двигателя. Энергетический расчет силовой части электропривода, работающего на нагрузку в виде МУ                  | 2         | 4         | 12         | 18         |
| 8            | Понятие активных и реактивных моментов нагрузки на исполнительный двигатель                                     | Типовые варианты программного движения рабочего органа робота при выполнении технологических операций. Трапецеидальный и треугольный законы управления приводами обобщенных координат робота.  | 2         | 2         | 12         | 16         |
| 9            | Расчет кинематических и динамических ошибок для электроприводов, нагруженных звеньями манипуляционных устройств | Решение задачи расчета кинематических ошибок для МУ с цилиндрической, угловой и сферической системами координат. Обоснование выбора варианта МУ по критерию минимизации кинематической ошибки. | 2         |           | 12         | 14         |
| <b>Итого</b> |                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                | <b>18</b> | <b>18</b> | <b>108</b> | <b>144</b> |

## 5.2 Перечень лабораторных работ

1. Математическое моделирование кинематики типовых компоновок манипуляционного устройства.
2. Исследование динамических моделей манипуляционных устройств при обработке заданных программных движений.
3. Моделирование динамики манипуляционного устройства с цилиндрической системой координат.
4. Исследование на модели характеристик манипуляционного устройства с угловой системой координат.
5. Моделирование и исследование исполнительной системы робота с цилиндрической системой координат при трапецеидальном и треугольном законами управления.

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

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

## 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-1        | Знать основы системного подхода к анализу и синтезу сложных технических систем, математические модели силовых и управляющих элементов электропривода, законы функционирования манипуляционных устройств и процессов преобразования энергии | Полнота знания основ системного подхода к проектированию сложных технических систем, понятий атрибутов системы, структуры, параметров и управления                                            | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
|             | Уметь составлять кинематические и динамические модели манипуляционных систем, использовать при выполнении проектных расчетов                                                                                                               | Умение составлять математические модели основных узлов и подсистем электропривода, анализировать поведение систем по математическим моделям с позиции потребительских свойств и характеристик | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
|             | Владеть методами расчета и выбора устройств электропривода по заданным потребительским показателям                                                                                                                                         | Навыки расчета и выбора элементов исполнительной системы с учетом энергетических и динамических характеристик                                                                                 | 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 2 семестре для очной формы обучения по двухбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

| Компетенция | Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции                                                           | Критерии оценивания | Зачтено                     | Не зачтено           |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------|----------------------|
| ПК-1        | Знать основы системного подхода к анализу и синтезу сложных технических систем, математические модели силовых и управляющих | Тест                | Выполнение теста на 70-100% | Выполнение менее 70% |

|  |                                                                                                                              |                                                          |                                                          |                  |
|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------|
|  | элементов электропривода, законы функционирования манипуляционных устройств и процессов преобразования энергии               |                                                          |                                                          |                  |
|  | Уметь составлять кинематические и динамические модели манипуляционных систем, использовать при выполнении проектных расчетов | Решение стандартных практических задач                   | Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач | Задачи не решены |
|  | Владеть методами расчета и выбора устройств электропривода по заданным потребительским показателям                           | Решение прикладных задач в конкретной предметной области | 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. Манипулятор – это:

- 1) механическая часть робота
- 2) электромеханическая часть робота
- 3) информационная часть робота
- 4) управляющая часть робота

2. По виду системы координат, в которых работает МУ, существуют следующие варианты:

- 1) цилиндрическая система координат
- 2) сферическая система координат
- 3) угловая система координат
- 4) обобщенная система координат

3. Наименьшей кинематической ошибкой обладают МУ с системой координат:

- 1) цилиндрическая система координат
- 2) сферическая система координат
- 3) угловая система координат
- 4) прямоугольная система координат

4. В роботах с цилиндрической системой координат степени подвижности имеют следующий вид:

- 1) две вращательные и одна поступательная
- 2) одна вращательная и две поступательные
- 3) три вращательных
- 4) три поступательных

5. В манипуляционных устройствах с угловой системой координат степени подвижности имеют вид:

- 1) две вращательные и одна поступательная
- 2) одна вращательная и две поступательные
- 3) три вращательных
- 4) три поступательных

6. В манипуляционных устройствах с прямоугольной системой координат степени подвижности имеют вид:

- 1) две вращательные и одна поступательная
- 2) одна вращательная и две поступательные
- 3) три вращательных
- 4) три поступательных

7. В манипуляционных устройствах со сферической системой координат степени подвижности имеют вид:

- 1) две вращательные и одна поступательная
- 2) одна вращательная и две поступательные
- 3) три вращательных
- 4) три поступательных

8. Момент инерции материальной точки массой  $m$ , находящейся на расстоянии  $r$  от оси вращения равен:

- 1)  $mr^2$
- 2)  $m^2r$
- 3)  $mr$
- 4)  $\frac{1}{2}mr^2$

9. Момент инерции тонкого однородного стержня массой  $m$  и длиной  $l$  относительно центральной оси симметрии равен:

- 1)  $\frac{1}{12}ml^2$
- 2)  $ml^2$
- 3)  $\frac{1}{3}ml^2$
- 4)  $\frac{1}{12}m^2l$

10. Момент инерции тонкого однородного стержня массой  $m$  и длиной  $l$  относительно конца равен:

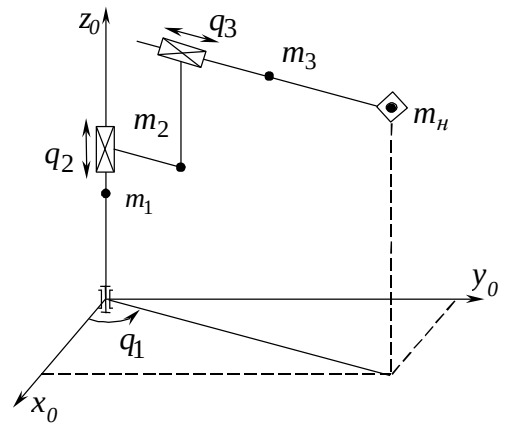
- 1)  $\frac{1}{12}ml^2$
- 2)  $ml^2$
- 3)  $\frac{1}{3}ml^2$

$$4) \frac{1}{12} m^2 l$$

### 7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

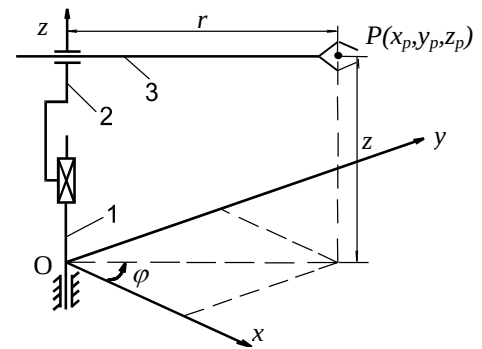
1. Роботы с такой кинематической моделью предназначены для обслуживания технологического оборудования со следующей компоновкой:

- 1) линейной;
- 2) круговой;
- 3) смешанной;
- 4) прямоугольной.



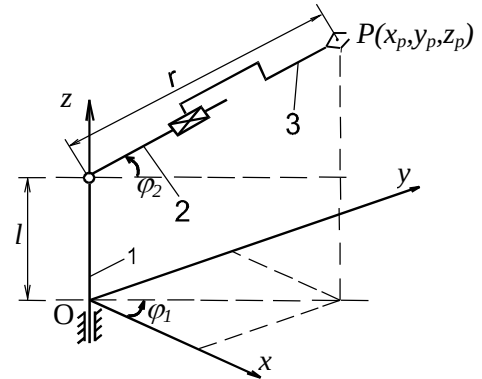
2. Уравнение для решения прямой задачи кинематики для данного манипулятора выглядит следующим образом:

- 1)  $x_p = r \cdot \cos \varphi$ ;  $y_p = r \cdot \sin \varphi$ ;  $z_p = z$ .
- 2)  $x_p = r \cdot \cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2$ ;  $y_p = r \cdot \sin \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2$ ;  $z_p = l + r \cdot \sin \varphi_2$ .
- 3)  $x_p = l_2 \cdot \cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2 + l_3 \cdot \cos \varphi_1 \cdot \cos(\varphi_2 + \varphi_3)$ ;  $y_p = l_2 \cdot \sin \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2 + l_3 \cdot \sin \varphi_1 \cdot \cos(\varphi_2 + \varphi_3)$ ;  $z_p = l_1 + l_2 \cdot \sin \varphi_2 + l_3 \cdot \sin(\varphi_2 + \varphi_3)$ .
- 4)  $x_p = x$ ;  $y_p = y$ ;  $z_p = z$ .



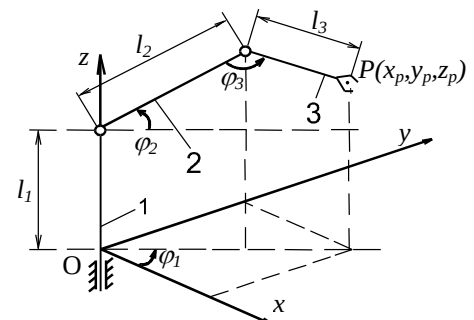
3. Уравнение для решения прямой задачи кинематики для данного манипулятора выглядит следующим образом:

- 1)  $x_p = r \cdot \cos \varphi$ ;  $y_p = r \cdot \sin \varphi$ ;  $z_p = z$ .
- 2)  $x_p = r \cdot \cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2$ ;  $y_p = r \cdot \sin \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2$ ;  $z_p = l + r \cdot \sin \varphi_2$ .
- 3)  $x_p = l_2 \cdot \cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2 + l_3 \cdot \cos \varphi_1 \cdot \cos(\varphi_2 + \varphi_3)$ ;  $y_p = l_2 \cdot \sin \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2 + l_3 \cdot \sin \varphi_1 \cdot \cos(\varphi_2 + \varphi_3)$ ;  $z_p = l_1 + l_2 \cdot \sin \varphi_2 + l_3 \cdot \sin(\varphi_2 + \varphi_3)$ .
- 4)  $x_p = x$ ;  $y_p = y$ ;  $z_p = z$ .



4. Уравнение для решения прямой задачи кинематики для данного манипулятора выглядит следующим образом:

- 1)  $x_p = r \cdot \cos \varphi$ ;  $y_p = r \cdot \sin \varphi$ ;  $z_p = z$ .
- 2)  $x_p = r \cdot \cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2$ ;  $y_p = r \cdot \sin \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2$ ;  $z_p = l + r \cdot \sin \varphi_2$ .
- 3)  $x_p = l_2 \cdot \cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2 + l_3 \cdot \cos \varphi_1 \cdot \cos(\varphi_2 + \varphi_3)$ ;  $y_p = l_2 \cdot \sin \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2 + l_3 \cdot \sin \varphi_1 \cdot \cos(\varphi_2 + \varphi_3)$ ;  $z_p = l_1 + l_2 \cdot \sin \varphi_2 + l_3 \cdot \sin(\varphi_2 + \varphi_3)$ .



4)  $x_p = x$ ;  $y_p = y$ ;  $z_p = z$ .

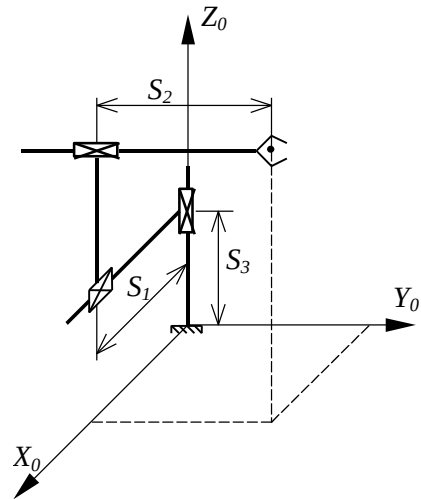
5. Уравнение для решения прямой задачи кинематики для данного манипулятора выглядит следующим образом:

1)  $x_p = r \cdot \cos \varphi$ ;  $y_p = r \cdot \sin \varphi$ ;  $z_p = z$ .

2)  $x_p = r \cdot \cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2$ ;  $y_p = r \cdot \sin \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2$ ;  
 $z_p = l + r \cdot \sin \varphi_2$ .

3)  $x_p = l_2 \cdot \cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2 + l_3 \cdot \cos \varphi_1 \cdot \cos(\varphi_2 + \varphi_3)$ ;  
 $y_p = l_2 \cdot \sin \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2 + l_3 \cdot \sin \varphi_1 \cdot \cos(\varphi_2 + \varphi_3)$ ;  
 $z_p = l_1 + l_2 \cdot \sin \varphi_2 + l_3 \cdot \sin(\varphi_2 + \varphi_3)$ .

4)  $x_p = x$ ;  $y_p = y$ ;  $z_p = z$ .



6. Уравнение для решения обратной задачи кинематики для данного манипулятора выглядит следующим образом:

1)  $r = \sqrt{x_p^2 + y_p^2}$ ;  $\varphi = \arctg \frac{y_p}{x_p}$ ;  $z = z_p$

2)  $r = \sqrt{x_p^2 + y_p^2 + (z_p - l)^2}$ ;  $\varphi_1 = \arctg \frac{y_p}{z_p}$ ;

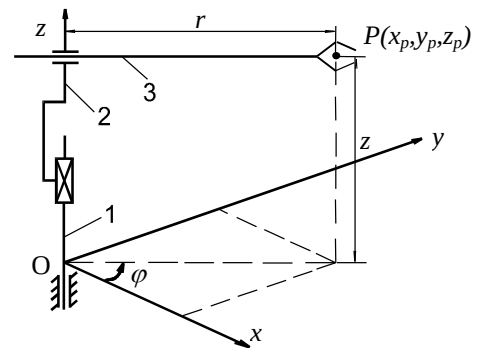
$\varphi_2 = \arctg \frac{z_p - l}{\sqrt{x_p^2 + y_p^2}}$ .

3)  $\varphi_1 = \arctg \frac{y_p}{x_p}$ ;

$\varphi_2 = \arctg \frac{z_p - l}{\sqrt{x_p^2 + y_p^2}} \pm \arccos \frac{l_2^2 - l_3^2 + x_p^2 + y_p^2 + (z_p - l_1)^2}{2 \cdot l_2 \cdot \sqrt{x_p^2 + y_p^2 + (z_p - l_1)^2}}$

$\varphi_3 = \pm \left[ \pi - \arccos \frac{l_2^2 + l_3^2 - x_p^2 - y_p^2 - (z_p - l_1)^2}{2 \cdot l_2 \cdot l_3} \right]$

4)  $x = x_p$ ;  $y = y_p$ ;  $z = z_p$ .

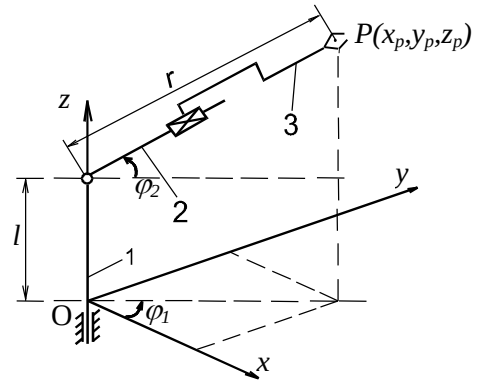


7. Уравнение для решения обратной задачи кинематики для данного манипулятора выглядит следующим образом:

1)  $r = \sqrt{x_p^2 + y_p^2}$ ;  $\varphi = \arctg \frac{y_p}{x_p}$ ;  $z = z_p$

2)  $r = \sqrt{x_p^2 + y_p^2 + (z_p - l)^2}$ ;  $\varphi_1 = \arctg \frac{y_p}{z_p}$ ;

$\varphi_2 = \arctg \frac{z_p - l}{\sqrt{x_p^2 + y_p^2}}$ .



$$3) \varphi_1 = \arctg \frac{y_p}{x_p};$$

$$\varphi_2 = \arctg \frac{z_p - l}{\sqrt{x_p^2 + y_p^2}} \pm \arccos \frac{l_2^2 - l_3^2 + x_p^2 + y_p^2 + (z_p - l_1)^2}{2 \cdot l_2 \cdot \sqrt{x_p^2 + y_p^2 + (z_p - l_1)^2}}$$

$$\varphi_3 = \pm \left[ \pi - \arccos \frac{l_2^2 + l_3^2 - x_p^2 - y_p^2 - (z_p - l_1)^2}{2 \cdot l_2 \cdot l_3} \right]$$

$$4) x = x_p; y = y_p; z = z_p.$$

8. Уравнение для решения обратной задачи кинематики для данного манипулятора выглядит следующим образом:

$$1) r = \sqrt{x_p^2 + y_p^2}; \varphi = \arctg \frac{y_p}{x_p}; z = z_p$$

$$2) r = \sqrt{x_p^2 + y_p^2 + (z_p - l)^2}; \varphi_1 = \arctg \frac{y_p}{z_p};$$

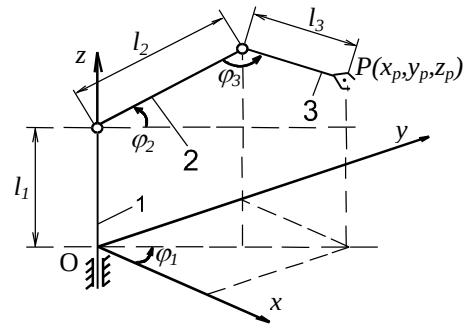
$$\varphi_2 = \arctg \frac{z_p - l}{\sqrt{x_p^2 + y_p^2}}.$$

$$3) \varphi_1 = \arctg \frac{y_p}{x_p};$$

$$\varphi_2 = \arctg \frac{z_p - l}{\sqrt{x_p^2 + y_p^2}} \pm \arccos \frac{l_2^2 - l_3^2 + x_p^2 + y_p^2 + (z_p - l_1)^2}{2 \cdot l_2 \cdot \sqrt{x_p^2 + y_p^2 + (z_p - l_1)^2}}$$

$$\varphi_3 = \pm \left[ \pi - \arccos \frac{l_2^2 + l_3^2 - x_p^2 - y_p^2 - (z_p - l_1)^2}{2 \cdot l_2 \cdot l_3} \right]$$

$$4) x = x_p; y = y_p; z = z_p.$$



9. Уравнение для решения обратной задачи кинематики для данного манипулятора выглядит следующим образом:

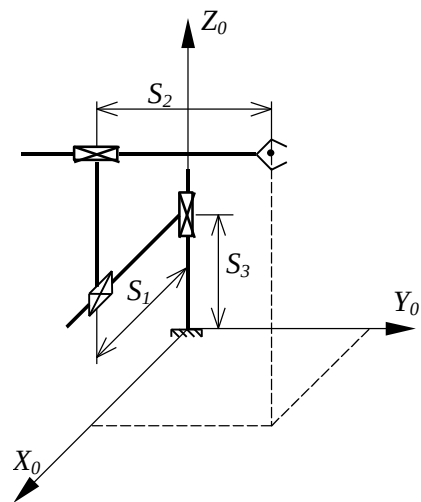
$$1) r = \sqrt{x_p^2 + y_p^2}; \varphi = \arctg \frac{y_p}{x_p}; z = z_p$$

$$2) r = \sqrt{x_p^2 + y_p^2 + (z_p - l)^2}; \varphi_1 = \arctg \frac{y_p}{z_p};$$

$$\varphi_2 = \arctg \frac{z_p - l}{\sqrt{x_p^2 + y_p^2}}.$$

$$3) \varphi_1 = \arctg \frac{y_p}{x_p};$$

$$\varphi_2 = \arctg \frac{z_p - l}{\sqrt{x_p^2 + y_p^2}} \pm \arccos \frac{l_2^2 - l_3^2 + x_p^2 + y_p^2 + (z_p - l_1)^2}{2 \cdot l_2 \cdot \sqrt{x_p^2 + y_p^2 + (z_p - l_1)^2}}$$



$$\varphi_3 = \pm \left[ \pi - \arccos \frac{l_2^2 + l_3^2 - x_p^2 - y_p^2 - (z_p - l_1)^2}{2 \cdot l_2 \cdot l_3} \right]$$

4)  $x = x_p$ ;  $y = y_p$ ;  $z = z_p$ .

10. Формула приведения момента инерции нагрузки ( $J_H$ ) к валу двигателя при использовании зубчатого редуктора с коэффициентом передачи  $i$  выглядит следующим образом:

1)  $J_{пр} = \frac{J_H}{i^2}$ ;

2)  $J_{пр} = J_H \cdot i^2$ ;

3)  $J_{пр} = \frac{J_H}{i}$ ;

4)  $J_{пр} = J_H \cdot i$ .

### 7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Чему равен момент инерции механизма  $J_M$ , приведенный к валу двигателя:

1)  $0,5 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ ;

2)  $0,25 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ ;

3)  $1,0 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ ;

4)  $4,0 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$

2. Как по кривой переходной характеристики определить величину перерегулирования?

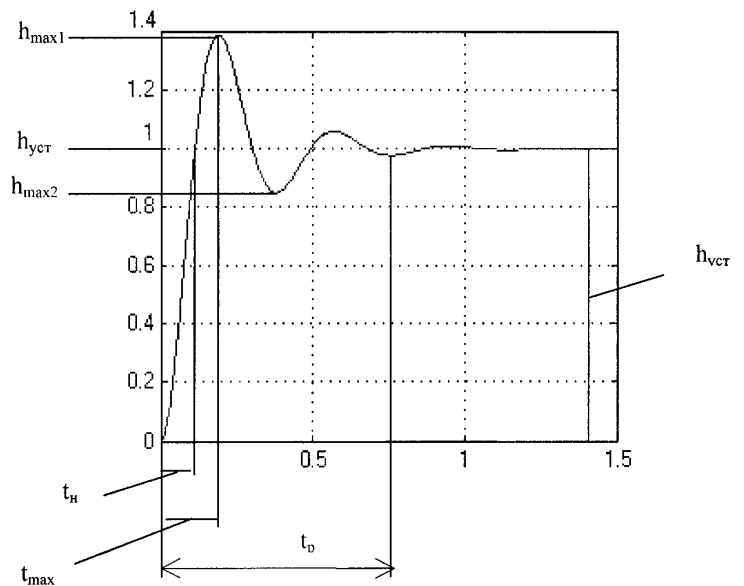
Выберите правильный ответ.

1)  $\sigma = \frac{h_{\max 1} - h_{\max 2}}{h_{\max 1}} \cdot 100$

2)  $\sigma = \frac{h_{\max 1} - h_{уст}}{h_{\max 1}}$

3)  $\sigma = \frac{h_{\max 1} - h_{уст}}{h_{уст}} \cdot 100$ ;

4)  $\sigma = \frac{h_{\max 1} - h_{\max 2}}{h_{\max 2}}$



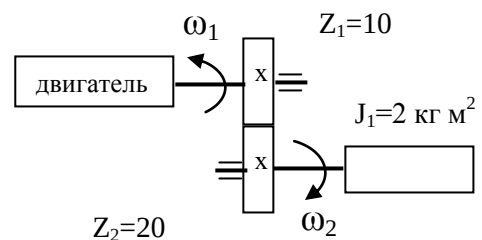
3. Чему равен момент  $M_1$ , если  $M_2$  равен  $2 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ?

1)  $0,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ;

2)  $0,25 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ;

3)  $1,0 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ;

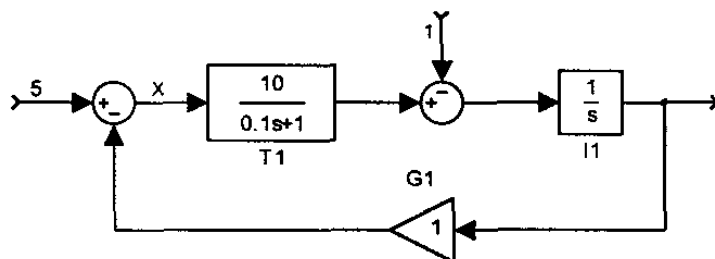
4)  $4,0 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .



4. Отметьте правильный ответ:

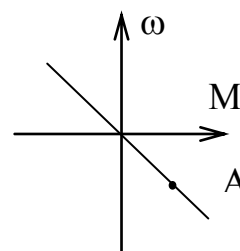
Суммарная установившаяся ошибка  $X$  для приведенной структуры будет равна

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



5. В точке A электрическая машина работает в режиме:

- 1) двигателя;
- 2) противовключения;
- 3) рекуперативного торможения;
- 4) динамического торможения



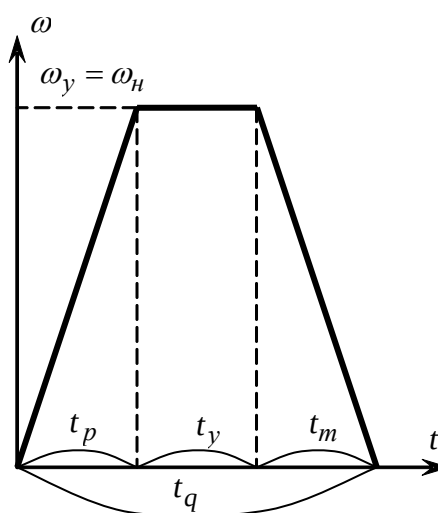
6. Обычно синхронные двигатели имеют:

- 1) трехфазную обмотку статора и короткозамкнутую обмотку ротора
- 2) трехфазную обмотку статора и обмотку возбуждения ротора
- 3) обмотку возбуждения статора и обмотку якоря
- 4) трехфазную обмотку ротора и обмотку возбуждения статора

7. По заданной циклограмме изменения скорости звена манипулятора определить значение угла поворота звена.

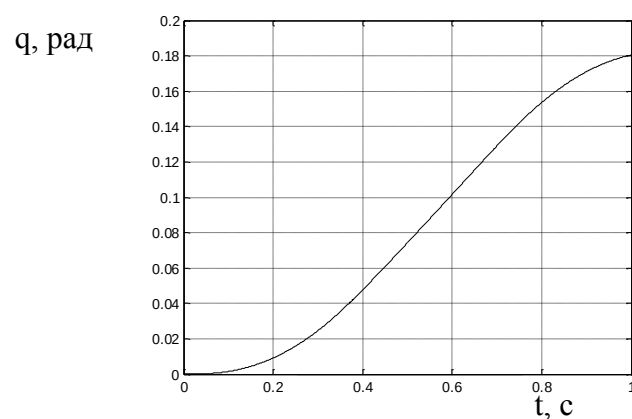
$\omega_n = 2$  рад/с,  $t_p = t_r = t_y = 0,2$  с.

- 1) 0,8 рад;
- 2) 0,5 рад;
- 3) 0,08 рад;
- 4) 1 рад.



8. По заданному экспериментально снятому графику изменения угла определить закон изменения скорости:

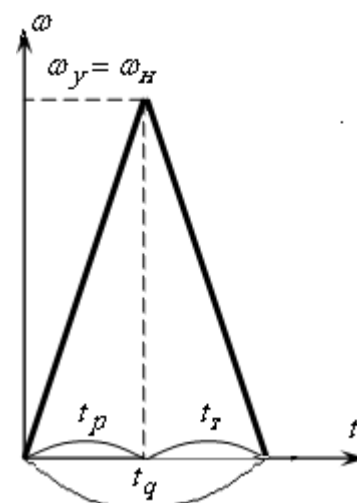
- 1) треугольный;
- 2) трапецеидальный;
- 3) синусоидальный;
- 4) косинусоидальный.



9. На какой угол повернется звено манипулятора при заданной циклограмме со следующими параметрами:

$\omega_H = 2$  рад/с,  $t_p = t_r = 1,5$ с:

- 1) 0,8 рад;
- 2) 2,5 рад;
- 3) 1,5 рад;
- 4) 1 рад.



10. Если соотношение  $T_M / T_Y < 4$  ДПТ:

- 1) аperiodическое звено первого порядка
- 2) колебательное звено
- 3) аperiodическое звено второго порядка
- 4) форсирующее звено
- 5) реальное интегрирующее звено

#### 7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Структура исполнительной системы робота. Особенности МУ как нагрузки для исполнительного двигателя.
2. Модели силовых элементов исполнительных систем роботов.
3. Элементы электропривода и их функциональное назначение.
4. Конструкция и принцип действия машин постоянного тока, реакция якоря, способы возбуждения МПТ. Уравнение механической и электромеханической характеристик.
5. Двигатели постоянного тока независимого возбуждения, естественные и искусственные статические характеристики, рабочие характеристики.
6. Методика приведения сил и моментов нагрузки к валу двигателя.
7. Тормозные режимы работы двигателя постоянного тока независимого возбуждения.

8. Обобщенная структура проектирования электроприводов роботов и манипуляторов.
9. Система «Тиристорный преобразователь - двигатель». Структура, математические модели.
10. Системы подчиненного регулирования. Настройки на модульный и симметричный оптимумы.
11. Принцип действия и устройство асинхронного двигателя (АД). Скалярное и векторное управление АД.
12. Принцип действия и конструкции синхронных двигателей (СД). Электроприводы на базе СД.
13. Способы регулирования скорости ДПТ НВ.
14. Приводы системы «Широтно-импульсный преобразователь двигателя постоянного тока» (ШИП-Д).
15. Структура приводов роботов. Сравнительные характеристики приводов различных типов. Проблема размещения двигателей.
16. Активные и реактивные моменты нагрузки электропривода. Уравнение движения электропривода.
17. Способы регулирования скорости АД. Частотно-регулируемые электроприводы.
18. Расчет мощности приводных двигателей с использованием тахограмм и нагрузочных диаграмм.
19. Нагревание электрических машин. Режимы нагрузки электрических машин. Классы изоляции.
20. Длительный, кратковременный и повторно-кратковременный режимы работы исполнительных двигателей. Методика расчета мощности электродвигателей в различных режимах работы.

#### **7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к экзамену**

Не предусмотрено учебным планом

#### **7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации**

Зачет 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. Зачет ставится в случае, если студент набрал более 15 баллов.

#### **7.2.7 Паспорт оценочных материалов**

| № п/п | Контролируемые разделы (темы) дисциплины | Код контролируемой компетенции | Наименование оценочного средства                    |
|-------|------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 1     | Робот как система                        | ПК-1                           | Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ |
| 2     | Манипуляционное устройство               | ПК-1                           | Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ |

|   |                                                                                                                 |      |                                                     |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------------------------------------------------|
| 3 | Вывод уравнений для решения прямой и обратной задач кинематики для различных вариантов МУ                       | ПК-1 | Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ |
| 4 | Понятие метода однородных координат при составлении матрицы положения захватного устройства (ЗУ)                | ПК-1 | Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ |
| 5 | Понятие динамической модели МУ. Метод Лагранжа при составлении уравнений движения по степеням подвижности МУ    | ПК-1 | Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ |
| 6 | Особенности МУ как нагрузки для электроприводов роботов                                                         | ПК-1 | Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ |
| 7 | Методы приведения нагрузки в виде МУ к валам исполнительного двигателя                                          | ПК-1 | Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ |
| 8 | Понятие активных и реактивных моментов нагрузки на исполнительный двигатель                                     | ПК-1 | Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ |
| 9 | Расчет кинематических и динамических ошибок для электроприводов, нагруженных звеньями манипуляционных устройств | ПК-1 | Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ |

### **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.

## **8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

1. Медведев, В. А. Моделирование роботов и РТС : учебное пособие / В. А. Медведев. — Воронеж : Воронежский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2020. — 83 с. — ISBN 978-5-7731-0839-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL:

<https://www.iprbookshop.ru/100447.html>— Режим доступа: для авторизир. пользователей

2. Савенков, А. П. Приводы роботов и мехатронных устройств : учебное пособие / А. П. Савенков, В. А. Юдаев. — Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2024. — 80 с. — ISBN 978-5-8265-2809-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/148483.html>

3. Трубецкой, Виктор Александрович, Проектирование исполнительных систем роботов [Электронный ресурс] : учебное пособие / Трубецкой Виктор Александрович, Медведев Владимир Алексеевич, Ревнёв Станислав Сергеевич ; ФГБОУ ВО "Воронеж. гос. техн. ун-т", каф. электропривода, автоматики и управления в технических системах. - Воронеж : Воронежский государственный технический университет, 2018. - 96 с..

4. Егоров, О. Д. Механика роботов : учебное пособие / О. Д. Егоров. — Москва : Московская государственная академия водного транспорта, 2007. — 226 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/46686.html>

5. Родин, Б. П. Механика робота : учебное пособие / Б. П. Родин. — Саратов : Вузовское образование, 2013. — 56 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/18393.html>

6. Шигео, Хиросэ Бионические роботы: змееподобные мобильные роботы и манипуляторы / Хиросэ Шигео ; перевод Ю. В. Колесниченко. — Москва, Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2019. — 272 с. — ISBN 978-5-4344-0644-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/92076.html>

7. Крамаренко, Н. В. Алгоритмы управления движениями точки и робота-манипулятора : учебное пособие / Н. В. Крамаренко, А. А. Рыков. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2016. — 87 с. — ISBN 978-5-7782-2977-8. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]

8. Методы и средства управления промышленными роботами : учебное пособие / М. Е. Вильбергер, И. И. Сингизин, Н. С. Попов, Г. С. Сидоров. — 2-е изд. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2025. — 120 с. — ISBN 978-5-7782-5447-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/158805.html>

9. Лесков, А. Г. Кинематика и динамика исполнительных механизмов манипуляционных роботов : учебное пособие / А. Г. Лесков, К. В. Бажинова, Е. В. Селиверстова. — Москва : Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2017. — 104 с. — ISBN 978-5-7038-4752-7. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/135179.html>

10. Балабанов, П. В. Техническое зрение робототехнических комплексов : учебное пособие / П. В. Балабанов, А. Г. Дивин, А. С. Егоров. — Тамбов : Там-

бовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2019. — 81 с. — ISBN 978-5-8265-2096-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/99814.html>

11. Пахомова, Л. В. Промышленные роботы и робототехнические системы : учебное пособие / Л. В. Пахомова. — Новосибирск : Сибирский государственный университет водного транспорта, 2022. — 78 с. — ISBN 978-5-8119-0933-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/148824.html>

12. Таугер, В. М. Детали мехатронных модулей : учебное пособие / В. М. Таугер. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2023. — 123 с. — ISBN 978-5-4497-1842-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/125343.html>

**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:**

**8.2.1 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения:**

**Лицензионное программное обеспечение**

1. Windows Professional 8.1 Single Upgrade MVL A Each Academic;
2. «MATLAB Classroom new Product From 10 to 24 Group Licenses (per License);
3. Simulink Classroom new Product From 10 to 24 Group Licenses (per License);
4. MathWorks SMS - Software Maintenance Service (per year)

**Свободно распространяемое и бесплатное программное обеспечение**

1. Adobe Acrobat Reader
2. FreeMat
3. OpenOffice
4. STDU Viewer
5. Google Chrome
6. Paint.NET

**8.2.2 Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:**

1. Образовательный портал ВГТУ: <https://old.education.cchgeu.ru/>
2. Электронная библиотека ВГТУ: <https://bibl.cchgeu.ru/catalog/>

3. Электронно-библиотечная система IPR SMART:  
<https://www.iprbookshop.ru/>
4. Электронно-библиотечная система «Лань»: <https://e.lanbook.com/>
5. Научная электронная библиотека: [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)
6. Информационно -справочная система ВГТУ: <https://wiki.cchgeu.ru/>
7. Федеральный институт промышленной собственности. Информационно-поисковая система  
<https://www1.fips.ru/elektronnye-servisy/informatsionno-poiskovaya-sistema/>
8. ГОСТ Эксперт – единая база ГОСТов РФ <https://gostexpert.ru/>
9. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации <https://docs.cntd.ru/>
10. НЭБ – Национальная электронная библиотека <https://rusneb.ru/>
11. КиберЛенинка <https://cyberleninka.ru/>
12. Сайт Marketelectro Рынок электротехники- отраслевой портал: Информация о компаниях и выставках, статьи, объявления <https://marketelectro.ru/>

## **9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

Реализация дисциплины требует наличия учебной аудитории для проведения лекционных занятий.

Оборудование аудитории: комплект учебной мебели:

- рабочее место преподавателя (стол, стул);
- рабочие места обучающихся (столы, стулья).

Технические средства обучения:

- проектор;
- экран.

Переносное техническое оборудование:

- переносной компьютер.

Для проведения лабораторных работ используется учебная аудитория.

Оборудование аудитории:

комплект учебной мебели:

- рабочее место преподавателя (стол, стул);
- рабочие места обучающихся (столы, стулья).

Технические средства обучения:

- персональные компьютеры в сборе;
- лабораторные стенды.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду вуза.

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

По дисциплине «Механика электроприводов роботов и манипуляторов» читаются лекции, проводятся лабораторные работы.

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

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

| Вид учебных занятий                   | Деятельность студента                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Лекция                                | Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать 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. |
| 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:<br>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;<br>- выполнение домашних заданий и расчетов;<br>- работа над темами для самостоятельного изучения;<br>- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;<br>- 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 три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.                                                                                                                                                                                                                                                                              |

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

| №<br>п/п | Перечень вносимых изменений | Дата внесения<br>изменений | Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП |
|----------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------|
|          |                             |                            |                                                                |
|          |                             |                            |                                                                |
|          |                             |                            |                                                                |

## Лист согласования

|                                              |                                   |            |                     |
|----------------------------------------------|-----------------------------------|------------|---------------------|
| Автор                                        | Трубецкой Виктор<br>Александрович | Подписано  | 01.06.2026 13:47:41 |
| Заведующий кафедрой                          | Бурковский Виктор<br>Леонидович   | Подписано  | 01.06.2026 13:58:20 |
| Руководитель<br>образовательной<br>программы | Тонн Дмитрий<br>Александрович     | Подписано  | 01.06.2026 14:04:05 |
| Декан факультета                             | Тикунов Алексей<br>Владимирович   | Утверждено | 02.06.2026 14:24:56 |