

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«СЕВЕРО-КАВКАЗСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе

«16» 01 2026 г.

Г.Ю. Нагорная



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Проектирование мехатронных устройств и роботов

Уровень образовательной программы \_\_\_\_\_ бакалавриат \_\_\_\_\_

Направление подготовки \_\_\_\_\_ 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника \_\_\_\_\_

Направленность (профиль) Электротехнические комплексы мехатронных и робототехнических систем

Форма обучения \_\_\_\_\_ очная \_\_\_\_\_

Срок освоения ОП \_\_\_\_\_ 4 года \_\_\_\_\_

Институт \_\_\_\_\_ Инженерный \_\_\_\_\_

Кафедра разработчик РПД \_\_\_\_\_ Мехатронные и робототехнические системы \_\_\_\_\_

Выпускающая кафедра \_\_\_\_\_ Мехатронные и робототехнические системы \_\_\_\_\_

Начальник  
учебно-методического управления

\_\_\_\_\_

Семенова Л.У.

Директор института

\_\_\_\_\_

Павленко Е.Н.

Заведующий выпускающей кафедрой

\_\_\_\_\_

Малсугенов Р.С.

Черкесск, 2026

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |  |
|---|--|
| 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....   | 3                                      |
| 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....   | 3                                      |
| 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ.....   | 4                                      |
| 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....  | 6                                      |
| 4.1. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ РАБОТЫ .....   | 6                                      |
| Очная форма .....   | 6                                      |
| 4.2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....  | 7                                      |
| 4.2.1. Разделы (темы) дисциплины, виды деятельности и формы контроля .....                                | 7                                      |
| Заочная форма .....   | <b>Ошибка! Закладка не определена.</b> |
| 4.2.2. Лекционный курс .....  | 7                                      |
| 4.2.3. Лабораторный практикум.....  | 11                                     |
| 4.2.4. Практические занятия .....   | 12                                     |
| 4.3. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ .....  | 16                                     |
| 5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ<br>ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ..... | 17                                     |
| 5.1. Методические указания для подготовки обучающихся к лекционным занятиям.....                          | 17                                     |
| 5.2. Методические указания для подготовки обучающихся к лабораторным занятиям .....                       | 17                                     |
| 5.3. Методические указания для подготовки обучающихся к практическим занятиям .....                       | 18                                     |
| 5.4. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся .....                                    | 18                                     |
| 5.5. Методические указания для подготовки курсового проекта .....   | 18                                     |
| 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....   | 18                                     |
| 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....                                      | 20                                     |
| 7.1. Перечень основной и дополнительной литературы .....  | 20                                     |
| 7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» ..                              | <b>Ошибка! Закладка не определена.</b> |
| 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....   | 22                                     |
| 8.1. Требования к аудиториям (помещениям, местам) для проведения занятий.....                             | 22                                     |
| 8.2. Требования к оборудованию рабочих мест преподавателя и обучающихся .....                             | 22                                     |
| 8.3. Требования к специализированному оборудованию .....  | 22                                     |
| 9. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ<br>ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ.....   | 23                                     |
| ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ.....   | 24                                     |

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины «Проектирование мехатронных устройств и роботов» являются:

- изучение структуры, принципов функционирования мехатронных устройств и роботов;
- изучение основ расчета и проектирования мехатронных устройств и роботов;
- знакомство обучающихся с конструктивными особенностями мехатронных устройств и роботов.

При этом *задачами* дисциплины являются:

- изучение основных понятий мехатронных устройств и роботов;
- освоение теории мехатронных устройств и роботов;
- овладение методами расчета и проектирования мехатронных устройств и роботов;
- развитие умений по рациональному выбору элементов мехатронных устройств и роботов;
- формирование навыков решения задач при проектировании мехатронных устройств и роботов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

2.1. Дисциплина «Проектирование мехатронных устройств и роботов» относится к вариативной части Блока 1 Дисциплины (модули), имеет тесную связь с другими дисциплинами.

2.2. В таблице приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций дисциплины в соответствии с матрицей компетенций ОП.

### Предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций

| № п/п | Предшествующие дисциплины   | Последующие дисциплины   |
|-------|---|--|
| 1     | Основы мехатроники и робототехники, Пневматические и гидравлические приводы мехатронных и робототехнических систем, Датчики и основы измерений, Электрооборудование и электропривод, Электроника и микропроцессорная техника, Композиционные материалы, Основы теории надежности, Технология производства деталей и узлов | Цифровые двойники в промышленной робототехнике, Производственная практика (Преддипломная практика) |

### 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Планируемые результаты освоения образовательной программы (ОП) – компетенции обучающихся определяются требованиями стандарта по направлению подготовки и формируются в соответствии с матрицей компетенций ОП

| № п/п | Номер/индекс компетенции | Наименование компетенции (или ее части)   | В результате изучения дисциплины обучающиеся должны:   |
|-------|--------------------------|---|--|
| 1     | 2                        | 3   | 4  |
| 1.    | ПК-1                     | Способен осуществлять разработку конструкторской документации на специализированное оборудование мехатронных и робототехнических систем                             | <p><b>ПК 1.1.</b> Выполняет анализ технического задания и нормативной документации (ГОСТ, ЕСКД и др.).</p> <p><b>ПК 1.2.</b> Определяет функциональные, конструктивные и эксплуатационные требования к разрабатываемому оборудованию.</p> <p><b>ПК 1.3.</b> Обосновывает выбор материалов, комплектующих и методов изготовления деталей и узлов</p> <p><b>ПК 1.4.</b> Разрабатывает чертежи общего вида, сборочные чертежи, детализировки и спецификации в соответствии с требованиями ЕСКД.</p> |
| 2.    | ПК-3                     | Способен разрабатывать электронные устройства мехатронных и робототехнических систем  | <p><b>ПК 3.1.</b> Разрабатывает структурные и принципиальные схемы устройства с учётом совместимости с другими подсистемами мехатронной или робототехнической системы.</p> <p><b>ПК 3.2.</b> Проводит моделирование и функциональную проверку разработанного устройства с использованием программных и аппаратных средств.</p> <p><b>ПК 3.3.</b> Выполняет разработку печатных плат, компоновку узлов и трассировку с учётом норм ЭМС, тепловых и технологических требований.</p>                |
| 3.    | ПК-4                     | Способен производить расчеты и выбор исполнительных приводов, отдельных электронных и микропроцессорных устройств, цифровых устройств управления мехатронных систем | <p><b>ПК 4.1.</b> Определяет требуемые характеристики исполнительных приводов, электронных и микропроцессорных устройств.</p> <p><b>ПК 4.2.</b> Производит выбор и расчеты отдельных электронных и микропроцессорных устройств мехатронных систем.</p> <p><b>ПК 4.3.</b> Производит расчет и моделирование цифровых устройств управления и</p>   |

|    |      |   |   |
|----|------|---|---|
|    |      |   | <p>интеллектуальных модулей мехатронных систем.</p> <p><b>ПК 4.4.</b> Выполняет проверку выбранных приводов и электронных устройств на соответствие требованиям системы, Оценивает совместимость выбранных компонентов между собой и с управляющими системами.</p>  |
| 4. | ПК-5 | <p>Способен проводить эксперименты на действующих макетах, образцах мехатронных и робототехнических систем по заданным методикам, а также вычислительные эксперименты с использованием стандартных программных пакетов, обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств</p> | <p><b>ПК 5.1.</b> Проводит эксперименты на действующих макетах, образцах мехатронных и робототехнических систем по заданным методикам с дальнейшей обработкой и интерпретацией полученных данных.</p> <p><b>ПК 5.2.</b> Проводит вычислительные эксперименты для исследования математических моделей элементов мехатронных и робототехнических систем с использованием специальных программных средств.</p> <p><b>ПК 5.3.</b> Составляет отчеты (разделы отчетов), элементы конструкторской документации по теме или по результатам проведенных экспериментов, наблюдений, измерений.</p> |

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ РАБОТЫ

###### Очная форма

| Вид работы   | Всего часов                         | Семестры        |                 |
|--|-------------------------------------|-----------------|-----------------|
|  |                                     | №6              | №7              |
|  |                                     | часов           | часов           |
| 1  | 2                                   | 3               | 4               |
| <b>Аудиторная контактная работа (всего)</b>              | <b>138</b>                          | <b>54</b>       | <b>90</b>       |
| В том числе:   | -                                   | -               | -               |
| Лекции (Л)   | 52                                  | 18              | 36              |
| Лабораторные работы (ЛР)                                 | 34                                  | 18              | 18              |
| Практические занятия (ПЗ)                                | 52                                  | 18              | 36              |
| <b>Внеаудиторная контактная работа</b>                   | <b>3,5</b>                          | <b>2</b>        | <b>1,5</b>      |
| В том числе: индивидуальные и групповые консультации     | 3,5                                 | 2               | 1,5             |
| <b>Самостоятельная работа обучающегося (СРО) (всего)</b> | <b>104</b>                          | <b>52</b>       | <b>52</b>       |
| Подготовка курсового проекта                             | 30                                  | -               | 30              |
| Работа с книжными источниками                            | 28                                  | 20              | 8               |
| Работа электронными источниками                          | 28                                  | 20              | 8               |
| Подготовка к тестированию                                | 18                                  | 12              | 6               |
| <b>Промежуточная аттестация (включая СРО)</b>            | <b>Курсовой проект в том числе:</b> | <b>КП (0,5)</b> | <b>КП (0,5)</b> |
|  | прием курсового проекта             | 0,5             | 0,5             |
|  | <b>Экзамен (Э) в том числе:</b>     | <b>Э (72)</b>   | <b>Э (36)</b>   |
|  | Прием экз., час.                    | 1               | 0,5             |
|  | Консультация, час.                  | 4               | 2               |
|  | СРО, час.                           | 67              | 33,5            |
| <b>ИТОГО: Общая трудоемкость</b>                         | <b>часов</b>                        | <b>324</b>      | <b>144</b>      |
|  | <b>зач. ед.</b>                     | <b>9</b>        | <b>4</b>        |

## 4.2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.2.1. Разделы (темы) дисциплины, виды деятельности и формы контроля

#### Очная форма

| № п/п                    | № семестра | Наименование раздела дисциплины  | Виды деятельности, включая самостоятельную работу обучающихся (в часах) |           |           |            |            | Формы текущей и промежуточной аттестации |
|--------------------------|------------|--|---|-----------|-----------|------------|------------|--|
|                          |            |  | Л   | ЛР        | ПЗ        | СРС        | всего      |  |
| 1                        | 2          | 3  | 4   | 5         | 6         | 7          | 8          | 9  |
| 1.                       | 6          | <b>Раздел 1. Основы проектирования робототехнических систем</b>            | 8   | -         | 6         | 20         | 34         | Текущий тестовый контроль                |
| 2.                       | 6          | <b>Раздел 2. Кинематика и динамика роботов</b>                             | 10  | 18        | 12        | 32         | 72         |  |
| 3.                       | 6          | Внеаудиторная контактная работа  |   |           |           |            | 2          |  |
| Промежуточная аттестация |            |  |   |           |           |            | 36         | Экзамен                                  |
| <b>Итого за семестр</b>  |            |  | <b>18</b>   | <b>18</b> | <b>18</b> | <b>52</b>  | <b>144</b> |  |
| 4.                       | 7          | <b>Раздел 3. Приводы и электромеханические системы роботов</b>             | 6   | 8         | 6         | 10         | 30         | Текущий тестовый контроль                |
| 5.                       | 7          | <b>Раздел 4. Преобразователи движения и механические передачи</b>          | 8   | 8         | 10        | 10         | 36         |  |
| 6.                       | 7          | <b>Раздел 5. Расчёты и инженерный анализ робототехнических конструкций</b> | 6   | -         | 10        | 10         | 26         |  |
| 7.                       | 7          | <b>Раздел 6. Захватные и исполнительные устройства роботов</b>             | 2   | 2         | 6         | 8          | 18         |  |
| 8.                       | 7          | <b>Раздел 7. Точностные параметры роботов</b>                              | 14  | -         | 4         | 14         | 32         |  |
| 9.                       | 7          | Внеаудиторная контактная работа  |   |           |           |            | 1,5        |  |
| 10.                      | 7          | Промежуточная аттестация   |   |           |           |            | 0,5        | Курсовой проект                          |
| 11.                      | 7          | Промежуточная аттестация   |   |           |           |            | 36         | Курсовой проект<br>Экзамен               |
| <b>Итого за семестр</b>  |            |  | <b>36</b>   | <b>18</b> | <b>36</b> | <b>52</b>  | <b>180</b> |  |
| <b>ИТОГО:</b>            |            |  | <b>54</b>   | <b>36</b> | <b>54</b> | <b>104</b> | <b>324</b> |  |

#### 4.2.2. Лекционный курс

| № п/п            | Наименование раздела дисциплины | Наименование темы лекции | Содержание лекции | Всего часов |             |            |
|------------------|---------------------------------|--------------------------|-------------------|-------------|-------------|------------|
|                  |                                 |                          |                   | 5           | 6           | 7          |
| 1                | 2                               | 3                        | 4                 | 5           | 6           | 7          |
| <b>Семестр 6</b> |                                 |                          |                   | <b>ОФО</b>  | <b>ОЗФО</b> | <b>ЗФО</b> |

|                                |   |                                   |  |           |          |          |
|--------------------------------|---|-----------------------------------|--|-----------|----------|----------|
| 1.                             | <b>Раздел 1. Основы проектирования робототехнических систем</b> | Этапы конструирования роботов     | Техническое задание. Техническое предложение. Эскизный проект. Технический проект. Рабочая документация.   | 2         | -        | -        |
| 2.                             |   | Характеристики роботов            | Геометрические характеристики. Точностные характеристики. Кинематические характеристики. Технические характеристики.   | 2         | -        | -        |
| 3.                             |   | Конструкции роботов               | Конструкции 6-осевых роботов. Конструкции 4-х осевых роботов.  | 2         | -        | -        |
| 4.                             |   | Компоновки роботизированных ячеек | Виды компоновочных схем.   | 2         |          |          |
| 5.                             | <b>Раздел 2. Кинематика и динамика роботов</b>                  | Кинематика роботов                | Системы координат. Матрицы элементарных поворотов. Прямая задача кинематики. Обратная задача кинематики. Преобразования Денавита-Хартенберга. Однородные координаты. Однородные матрицы. Углы Эйлера и кватернион. Матрица Якоби | 6         | -        | -        |
| 6.                             |   | Динамика роботов                  | Принцип Даламбера. Уравнение Лагранжа 2-рода. Уравнение Ньютона. Уравнение Эйлера. Уравнения движения Ньютона-Эйлера.  | 4         | -        | -        |
| <b>ИТОГО часов в семестре:</b> |   |                                   |  | <b>18</b> | <b>-</b> | <b>-</b> |

| Семестр 7 |  |    |  |  |   |   |   |
|-----------|--|----|--|--|---|---|---|
| 7         | <b>Раздел 3. Приводы и электромеханические системы роботов</b>             | 3. | Электропривод роботов  | Синхронный электропривод. Сервоусилитель. Бесколлекторный электропривод постоянного тока. Шаговый электропривод.   | 4 | - | - |
| 8         |  |    | Информационные устройства роботов  | Устройство силомоментного датчика. Устройство резольвера. Устройство энкодера.   | 2 | - | - |
| 9         | <b>Раздел 4. Преобразователи движения и механические передачи</b>          | 4. | Преобразователи движения в приводах роботов. Винтовая передача скольжения и шарико-винтовая передача | Устройство преобразователей. Расчет преобразователей.  | 2 | - | - |
| 10        |  |    | Преобразователи движения в приводах роботов. Реечная передача  | Устройство преобразователей. Расчет преобразователей.  | 2 | - | - |
| 11        |  |    | Преобразователи движения в приводах роботов. Волновая передача                                       | Устройство преобразователей. Расчет преобразователей.  | 2 | - | - |
| 12        |  |    | Преобразователи движения в приводах роботов. Планетарная передача                                    | Устройство преобразователей. Расчет преобразователей.  | 2 | - | - |
| 13        | <b>Раздел 5. Расчёты и инженерный анализ робототехнических конструкций</b> |    | Расчет на прочность при статическом нагружении   | Нагрузки на звенья робота. Методы расчета на прочность.  | 2 | - | - |
| 14        |  |    | Расчет на выносливость   | Статистическая теория подобия усталостного разрушения. Расчет на выносливость при регулярном переменном нагружении. Расчет на выносливость при нерегулярном переменном нагружении. | 2 | - | - |

|                                |  |   |   |                     |          |          |
|--------------------------------|--|---|---|---------------------|----------|----------|
| 15                             |  | Расчет на жесткость   | Расчет звеньев на жесткость. Податливость преобразователей движения.                      | 2                   | -        | -        |
| 16                             | Раздел 6. <b>Захватные и исполнительные устройства роботов</b> | Захватные устройства роботов  | Виды захватных устройств. Технические характеристики. Расчет захватных устройств.         | 2                   | -        | -        |
| 17                             |  | Раздел 7. <b>Точностные параметры роботов</b>   | Погрешности обобщенных координат  | Расчет погрешности. | 2        | -        |
| 18                             | Кинематическая погрешность и мертвый ход                       |   | Расчет погрешности.   | 2                   | -        | -        |
| 19                             | Погрешность установки робота                                   |   | Расчет погрешности.   | 2                   | -        | -        |
| 20                             | Погрешность позиционирования робота                            |   | Расчет погрешности.   | 2                   | -        | -        |
| 21                             | Расчет направляющих  |   | Виды направляющих. Расчет направляющих на долговечность.                                  | 2                   | -        | -        |
| 22                             | Люфтовыбирающие механизмы                                      |   | Выборка мертвого хода в винтовых механизмах. Выборка мертвого хода в зубчатых механизмах. | 2                   | -        | -        |
| 23                             | Расчет надежности  | Характеристики надежности. Надежность в период нормальной эксплуатации. Надежность в период постепенных отказов. Резервирование | 2   | -                   | -        |          |
| <b>ИТОГО часов в семестре:</b> |  |   |   | <b>36</b>           | <b>-</b> | <b>-</b> |

#### 4.2.3. Лабораторный практикум

| № п/п                          | Наименование раздела дисциплины                                | Наименование лабораторной работы                           | Содержание лабораторной работы  | Всего часов |             |            |
|--------------------------------|--|--|---|-------------|-------------|------------|
|                                |  |  |   | 5           | 6           | 7          |
| 1                              | 2  | 3  | 4   | 5           | 6           | 7          |
| <b>Семестр 6</b>               |  |  |   | <b>ОФО</b>  | <b>ОЗФО</b> | <b>ЗФО</b> |
| 1.                             | <b>Раздел 2. Кинематика и динамика роботов</b>                 | Моделирование прямой и обратной кинематики манипулятора    | Создать модель 2–3-звенного манипулятора. Реализовать ПЗК и ОЗК. Визуализировать рабочее пространство.                                    | 6           | -           | -          |
| 2.                             |  | Динамическое моделирование манипулятора                    | Моделирование уравнений Эйлера–Лагранжа. Анализ требуемых моментов в приводах. Построение траектории и графиков нагрузок.                 | 6           | -           | -          |
| 3.                             |  | Анализ точности и погрешностей робота в модели             | Добавление ошибок в звенья и приводы. Исследование вкладов разных видов погрешностей. Построение поля отклонений на рабочем пространстве. | 6           | -           | -          |
| <b>ИТОГО часов в семестре:</b> |  |  |   | <b>18</b>   | <b>-</b>    | <b>-</b>   |
| <b>Семестр 7</b>               |  |  |   |             | <b>-</b>    | <b>-</b>   |
| 4.                             | <b>Раздел 3. Приводы и электромеханические системы роботов</b> | Моделирование электропривода постоянного/бесщёточного тока | Определение переходных процессов. Моделирование ПИД-регулятора. Построение графиков скорости, момента, ошибки регулирования.              | 4           | -           | -          |
| 5.                             |  | Цифровая обработка сигналов датчиков робота                | Фильтрация, подавление шума, скользящее среднее, калмановские фильтры (базово).   | 4           | -           | -          |

|                                |   |   |   |           |          |          |
|--------------------------------|---|---|---|-----------|----------|----------|
|                                |   |   | Исследование шума в измерениях положения/скорости.  |           |          |          |
| 6.                             | <b>Раздел 4. Преобразователи движения механические передачи</b> | Моделирование винтовых передач: обычная и ШВП         | Построение 3D-модели пары. Сравнение КПД, люфта, геометрии. Анализ чувствительности к ошибкам.  | 2         | -        | -        |
| 7.                             |   | Моделирование реечной передачи                        | Определение кинематической точности. Просчёт передаточного отношения и отклонений. Сравнение с винтовой передачей.                    | 2         | -        | -        |
| 8.                             |   | Волновая передача: моделирование и анализ деформаций  | Построение схемы HSD (harmonic drive). Анализ передаточного числа и теоретического люфта. Визуализация деформации эластичного колеса. | 2         |          |          |
| 9.                             |   | Планетарная передача: расчёт передаточных чисел и КПД | Создание расчётной модели. Определение рабочего режима при разных конфигурациях.  | 2         |          |          |
| 10                             | <b>Раздел 6. Захватные исполнительные устройства роботов</b>    | Проектирование и моделирование захвата в CAD          | Создание 3D-модели простого двухпальцевого захвата. Анализ сил сжатия и условий удержания.  | 2         |          |          |
| <b>ИТОГО часов в семестре:</b> |   |   |   | <b>18</b> | <b>-</b> | <b>-</b> |

#### 4.2.4. Практические занятия

| № п/п            | Наименование раздела дисциплины | Наименование практического занятия | Содержание практического занятия | Всего часов |             |            |
|------------------|---------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|-------------|-------------|------------|
|                  |                                 |                                    |                                  | 5           | 6           | 7          |
| 1                | 2                               | 3                                  | 4                                | 5           | 6           | 7          |
| <b>Семестр 6</b> |                                 |                                    |                                  | <b>ОФО</b>  | <b>ОЗФО</b> | <b>ЗФО</b> |

|                                |   |  |   |           |          |          |
|--------------------------------|---|--|---|-----------|----------|----------|
| 1.                             | <b>Раздел 1. Основы проектирования робототехнических систем</b> | Анализ требований к робототехнической системе  | Разбор технического задания, выделение функциональных узлов, ограничений и критериев эффективности.         | 2         | -        | -        |
| 2.                             |   | Классификация роботов и выбор типа конструкции | Сравнение промышленных, сервисных, мобильных и манипуляционных роботов и выбор подходящего типа под задачу. | 2         | -        | -        |
| 3.                             |   | Построение структурной схемы робота            | Выделение звеньев, приводов, датчиков и систем управления. Построение блок-схем.                            | 2         | -        | -        |
| 4.                             | <b>Раздел 2. Кинематика и динамика роботов</b>                  | Основы прямой кинематики                       | Решение элементарных задач по положению звеньев в пространстве, использование ДН-параметров.                | 4         | -        | -        |
| 5.                             |   | Основы обратной кинематики                     | Получение углов звеньев из заданных координат рабочего органа. Разбор неоднозначности решений.              | 4         | -        | -        |
| 6.                             |   | Рабочее пространство манипулятора              | Анализ ограничений: зоны досягаемости, сингулярности, габариты.   | 2         | -        | -        |
| 7.                             |   | Основы динамики роботов                        | Определение инерционных характеристик звеньев, составление простейших уравнений движения.                   | 2         | -        | -        |
| <b>ИТОГО часов в семестре:</b> |   |  |   | <b>18</b> | <b>-</b> | <b>-</b> |
| <b>Семестр 7</b>               |   |  |   |           |          |          |
| 8.                             | <b>Раздел 3.</b>  | Структура                                      | Состав: двигатель,  | 2         | -        | -        |

|     |  |   |   |   |   |   |
|-----|--|---|---|---|---|---|
|     | <b>Приводы и электромеханические системы роботов</b>                       | электропривода робота                           | редуктор, датчики, контроллер.<br>Сравнение типов двигателей.   |   |   |   |
| 9.  |  | Основы ПИД-регулирования в приводах             | Настройка параметров, оценка переходных процессов               | 2 | - | - |
| 10. |  | Анализ сигналов датчиков                        | Обработка данных с энкодеров, акселерометров, токовых датчиков. | 2 | - | - |
| 11. | <b>Раздел 4. Преобразователи движения и механические передачи</b>          | Винтовые передачи и ШВП: сравнительный анализ   | КПД, люфт, точность, область применения.                        | 2 | - | - |
| 12. |  | Реечная передача: параметры и расчёт            | Передаточное отношение, жёсткость, особенности эксплуатации.    | 2 | - | - |
| 13. |  | Волновая передача: принципы работы              | Деформация гибкого колеса, высокие передаточные числа.          | 2 | - | - |
| 14. |  | Планетарная передача: варианты компоновки       | Солнечная, сателлиты, коронная шестерня - разные режимы.        | 2 | - | - |
| 15. |  | Люфтовывбирающие механизмы                      | Схемы компенсации люфта, преднатяги, двойные шестерни.          | 2 | - | - |
| 16. | <b>Раздел 5. и Расчёты инженерный анализ робототехнических конструкций</b> | Расчёт звена на статическую прочность           | Оценка напряжений, определение опасных сечений.                 | 2 | - | - |
| 17. |  | Расчёт на выносливость при переменных нагрузках | Диаграммы Гудмана, пределы усталости.                           | 2 | - | - |
| 18. |  | Расчёт жёсткости и определение прогибов         | Связь жёсткости с точностью робота.                             | 2 | - | - |
| 19. |  | Расчёт направляющих систем                      | Типы направляющих, расчёт несущей способности.                  | 2 | - | - |
| 20. |  | Основы расчёта надёжности робота                | Модели отказов, МТBF, интенсивность отказов.                    | 2 | - | - |
| 21. | <b>Раздел 6.</b>   | Классификация захватов                          | Пассивные,  | 2 | - | - |

|                                |  |  |   |           |   |   |
|--------------------------------|--|--|---|-----------|---|---|
|                                | <b>Захватные и исполнительные устройства роботов</b> |  | активные, механические, вакуумные, магнитные.   |           |   |   |
| 22.                            |  | Расчёт силового захвата  | Силы трения, удержания, зажимные схемы.   | 2         | - | - |
| 23.                            |  | Анализ ошибки при захвате объекта  | Непараллельность, перекосы, погрешность установки.  | 2         | - | - |
| 24.                            |  | Анализ влияния жёсткости звеньев на точность манипулятора                  | Построение упрощённой модели манипулятора с упругими звеньями. Определение прогибов при заданных нагрузках. Оценка влияния прогиба на конечную точность рабочей точки. Сравнение жёстких и упругих моделей.   | 2         | - | - |
| 25.                            | <b>Раздел Точностные параметры роботов</b>           | 7. Моделирование накопления погрешностей последовательной структуре робота | в Введение случайных и систематических отклонений в параметры звеньев и приводов. Расчёт суммарной погрешности в конце кинематической цепи. Анализ чувствительности: какие звенья дают максимальный вклад в ошибку. Построение карты распределения отклонений по рабочему пространству. | 2         | - | - |
| <b>ИТОГО часов в семестре:</b> |  |  |   | <b>36</b> | - | - |
| <b>ИТОГО</b>                   |  |  |   | <b>54</b> | - | - |

#### 4.3. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

| №<br>п/п                | Наименование<br>раздела (темы)<br>дисциплины                               | №<br>п/п | Виды СРО                                | Всего часов |            |            |
|-------------------------|--|----------|---|-------------|------------|------------|
|                         |  |          |   | 5           | 6          | 7          |
| 1                       | 2  | 3        | 4                                       | 5           | 6          | 7          |
| <b>Семестр 6</b>        |  |          |   | <b>ОФ</b>   | <b>ОЗФ</b> | <b>ЗФО</b> |
|                         |  |          |   | <b>О</b>    | <b>О</b>   |            |
| 1.                      | <b>Раздел 1. Основы проектирования робототехнических систем</b>            | 1.1.     | Работа с книжными источниками           | 10          | -          | -          |
|                         |  | 1.2.     | Работа электронными источниками         | 10          | -          | -          |
|                         |  | 1.3.     | Подготовка к тестированию               | -           | -          | -          |
| 2.                      | <b>Раздел 2. Кинематика и динамика роботов</b>                             | 2.1.     | Работа с книжными источниками           | 10          | -          | -          |
|                         |  | 2.2.     | Работа электронными источниками         | 10          | -          | -          |
|                         |  | 2.3.     | Подготовка к тестированию               | 12          | -          | -          |
| <b>ИТОГО за семестр</b> |  |          |   | <b>52</b>   | -          | -          |
| <b>Семестр 7</b>        |  |          |   |             |            |            |
| 1.                      | <b>Раздел 3. Приводы и электромеханические системы роботов</b>             | 3.1.     | Работа с книжными источниками           | 2           | -          | -          |
|                         |  | 3.2.     | Работа электронными источниками         | 2           | -          | -          |
|                         |  | 3.4.     | Выполнение задания по курсовому проекту | 6           | -          | -          |
| 2.                      | <b>Раздел 4. Преобразователи движения и механические передачи</b>          | 4.1.     | Работа с книжными источниками           | 2           | -          | -          |
|                         |  | 4.2.     | Работа электронными источниками         | 2           | -          | -          |
|                         |  | 4.4.     | Выполнение задания по курсовому проекту | 6           | -          | -          |
| 3.                      | <b>Раздел 5. Расчёты и инженерный анализ робототехнических конструкций</b> | 5.1.     | Работа с книжными источниками           | 2           | -          | -          |
|                         |  | 5.2.     | Работа электронными источниками         | 2           | -          | -          |
|                         |  | 5.3.     | Выполнение задания по курсовому проекту | 6           | -          | -          |
| 4.                      | <b>Раздел 6. Захватные и исполнительные устройства роботов</b>             | 6.1.     | Работа с книжными источниками           | 1           | -          | -          |
|                         |  | 6.2.     | Работа электронными источниками         | 1           | -          | -          |
|                         |  | 6.3.     | Выполнение задания по курсовому проекту | 6           | -          | -          |
| 5.                      | <b>Раздел 7. Точностные параметры роботов</b>                              | 7.1.     | Работа с книжными источниками           | 1           | -          | -          |
|                         |  | 7.2.     | Работа электронными источниками         | 1           | -          | -          |
|                         |  | 7.3.     | Выполнение задания по курсовому проекту | 6           | -          | -          |
|                         |  | 7.4.     | Подготовка к тестированию               | 6           | -          | -          |
| <b>ИТОГО за семестр</b> |  |          |   | <b>52</b>   | -          | -          |

## **5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

### **5.1. Методические указания для подготовки обучающихся к лекционным занятиям**

В ходе лекций преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы, дает рекомендации на выполнение самостоятельной работы.

В ходе лекций обучающимся даются рекомендации:

- по ведению конспектирования учебного материала;
- уделяется внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению;

- задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

В рабочих конспектах желательно оставлять поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющей материал прослушанной лекции, а также пометки, подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Для успешного овладения курсом необходимо посещать все лекции, так как тематический материал взаимосвязан между собой. В случаях пропуска занятия обучающемуся необходимо самостоятельно изучить материал и ответить на контрольные вопросы по пропущенной теме во время индивидуальных консультаций.

### **5.2. Методические указания для подготовки обучающихся к лабораторным занятиям**

Лабораторные работы составляют важную часть профессиональной подготовки обучающихся. Они направлены на экспериментальное подтверждение теоретических положений и формирование учебных и профессиональных практических умений.

Выполнение обучающимися лабораторных работ направлено на:

- обобщение, систематизацию, углубление, закрепление полученных теоретических знаний по конкретным темам дисциплин;

- формирование необходимых профессиональных умений и навыков;

Методические указания по проведению лабораторных работ включают:

заглавие, в котором указывается вид работы (лабораторная), ее порядковый номер, объем в часах и наименование; цель работы; предмет и содержание работы; оборудование, технические средства, инструмент; порядок (последовательность) выполнения работы; правила техники безопасности и охраны труда по данной работе (по необходимости); общие правила оформления работы; контрольные вопросы и задания; список литературы (по необходимости).

При планировании лабораторных работ следует учитывать, что наряду с ведущей целью - подтверждением теоретических положений - в ходе выполнения заданий у обучающихся формируются практические умения и навыки обращения с лабораторным оборудованием, аппаратурой и пр., которые могут составлять часть профессиональной практической подготовки, а также исследовательские умения (наблюдать, сравнивать, анализировать, устанавливать зависимости, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследование, оформлять результаты).

Порядок проведения лабораторных работ в целом совпадает с порядком проведения практических занятий. Помимо собственно выполнения работы для каждой лабораторной работы предусмотрена процедура защиты, в ходе которой преподаватель проводит устный или письменный опрос обучающихся для контроля понимания выполненных ими измерений, правильной интерпретации полученных результатов и усвоения ими основных теоретических и практических знаний по теме занятия

### 5.3. Методические указания для подготовки обучающихся к практическим занятиям

Практические занятия – это активная форма учебного процесса. При подготовке к практическим занятиям обучающемуся необходимо изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, учесть рекомендации преподавателя. Темы теоретического содержания выносятся на практические занятия, предполагают дискуссионный характер обсуждения. Большая часть тем дисциплины носит практический характер, т.е. предполагает выполнение заданий и решение задач, анализ практических ситуаций.

### 5.4. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся

Важной частью самостоятельной работы является чтение учебной и научной литературы. Основная функция учебников – ориентировать обучающегося в системе знаний, умений и владений, которые должны быть усвоены и освоены будущими бакалаврами по данной дисциплине.

### 5.5. Методические указания для подготовки курсового проекта

Выполнение курсового проекта является обязательным условием допуска обучающегося к зачету. Курсовой проект представляет собой пояснительную записку в письменном виде результатов теоретического анализа, расчетов и графического материала практической работы обучающегося по определенной теме. Содержание курсового проекта зависит от выбранной темы. Курсовой проект представляется преподавателю на проверку за 7 дней до начала экзаменационной сессии. Защита курсового проекта проходит в форме доклада во время зачета.

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

| № п/п | № семестра | Виды работы   | Образовательные технологии | Всего часов |      |     |
|-------|------------|---|----------------------------|-------------|------|-----|
|       |            |   |                            | 5           | 6    | 7   |
| 1     | 2          | 3   | 4                          | 5           | 6    | 7   |
|       |            |   |                            | ОФО         | ОЗФО | ЗФО |
| 1.    | 6          | Моделирование прямой и обратной кинематики манипулятора | Цифровые лаборатории       | 6           | -    | -   |
| 2.    |            | Динамическое моделирование манипулятора                 | Цифровые лаборатории       | 6           | -    | -   |
| 3.    |            | Анализ точности и погрешностей работа в модели          | «Работа в парах»           |             | -    | -   |
| 4.    |            | Кинематика роботов                                      | Интерактивный опрос        | 6           | -    | -   |
| 5.    |            | Классификация роботов и выбор типа конструкции          | «Работа в парах»           | 2           | -    | -   |

|     |   |  |                      |   |   |   |
|-----|---|--|----------------------|---|---|---|
| 6.  |   | Рабочее пространство манипулятора  | «Работа в парах»     | 2 | - | - |
| 7.  | 7 | Моделирование электропривода постоянного/бесщёточного тока   | Цифровые лаборатории | 4 | - | - |
| 8.  |   | Преобразователи движения в приводах роботов. Винтовая передача скольжения и шарико-винтовая передача | Цифровые лаборатории | 2 | - | - |
| 9.  |   | Расчет на выносливость   | Интерактивный опрос  | 2 | - | - |
| 10. |   | Захватные устройства роботов   | Интерактивный опрос  | 2 | - | - |
| 11. |   | Люфтовывбирающие механизмы   | Интерактивный опрос  | 2 | - | - |
| 12. |   | Основы ПИД-регулирования в приводах  | «Работа в парах»     | 2 | - | - |
| 13. |   | Планетарная передача: варианты компоновки  | «Работа в парах»     | 2 | - | - |
| 14. |   | Основы расчёта надёжности робота   | «Работа в парах»     | 2 | - | - |

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1. Перечень основной и дополнительной литературы

| <b>Список основной литературы</b>       |  |
|---|--|
| 1.                                      | Кравцов, А. Г. Промышленные роботы : учебное пособие / А. Г. Кравцов, К. В. Марусич. — Саратов : Ай Пи Ар Медиа, 2024. — 95 с. — ISBN 978-5-4497-3697-0. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <a href="https://www.iprbookshop.ru/143656.html">https://www.iprbookshop.ru/143656.html</a>   |
| 2.                                      | 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: <a href="https://www.iprbookshop.ru/100447.html">https://www.iprbookshop.ru/100447.html</a>  |
| 3.                                      | 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: <a href="https://www.iprbookshop.ru/18393.html">https://www.iprbookshop.ru/18393.html</a>   |
| 4.                                      | 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: <a href="https://www.iprbookshop.ru/148483.html">https://www.iprbookshop.ru/148483.html</a>                             |
| 5.                                      | 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: <a href="https://www.iprbookshop.ru/148824.html">https://www.iprbookshop.ru/148824.html</a>                                |
| <b>Список дополнительной литературы</b> |  |
| 1.                                      | Рыбак, Л. А. Роботы и робототехнические комплексы : учебное пособие / Л. А. Рыбак, Е. В. Гапоненко, Ю. А. Мамаев. — Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2013. — 84 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <a href="https://www.iprbookshop.ru/28394.html">https://www.iprbookshop.ru/28394.html</a>                        |
| 2.                                      | 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: <a href="https://www.iprbookshop.ru/46686.html">https://www.iprbookshop.ru/46686.html</a>   |
| 3.                                      | Медведев, В. А. Моделирование роботов и робототехнических систем : учебное пособие / В. А. Медведев. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2021. — 82 с. — ISBN 978-5-4497-1203-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <a href="https://www.iprbookshop.ru/108369.html">https://www.iprbookshop.ru/108369.html</a>  |
| 4.                                      | Никулин, К. С. Расчет захватных устройств роботов : методические рекомендации и задания к контрольным работам по курсу «Робототехнические комплексы» / К. С. Никулин. — Москва : Московская государственная академия водного транспорта, 2009. — 31 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <a href="https://www.iprbookshop.ru/46752.html">https://www.iprbookshop.ru/46752.html</a> |

**7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**  
<http://window.edu.ru>- Единое окно доступа к образовательным ресурсам;  
<http://fcior.edu.ru> - Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов;  
<http://elibrary.ru> - Научная электронная библиотека.

**7.3. Информационные технологии, лицензионное программное обеспечение**

| Лицензионное программное обеспечение         | Реквизиты лицензий/ договоров   |
|--|---|
| MS Office 2003, 2007, 2010, 2013             | Сведения об Open Office: 63143487, 63321452, 64026734, 6416302, 64344172, 64394739, 64468661, 64489816, 64537893, 64563149, 64990070, 65615073<br>Лицензия бессрочная |
| Антивирус Dr.Web Desktop Security Suite      | Лицензионный сертификат<br>Срок действия: с 24.12.2024 до 25.12.2025  |
| Консультант Плюс                             | Договор № 272-186/С-25-01 от 30.01.2025 г.  |
| Цифровой образовательный ресурс<br>IPR SMART | Лицензионный договор № 12873/25П от 02.07.2025 г. Срок действия: с 01.07.2025 г. до 30.06.2026 г.   |
| Бесплатное ПО                                |   |
| Sumatra PDF, 7-Zip                           |   |

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1. Требования к аудиториям (помещениям, местам) для проведения занятий**

1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа:

- набор демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающих тематические иллюстрации: проектор, экран, ноутбук;
- специализированная мебель: стол преподавательский, стул для преподавателя, стол ученический, стул ученический, доска ученическая, тумба кафедры.

2. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнение курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации:

- технические средства обучения, служащие для предоставления учебной информации большой аудитории: переносной проектор, переносной настенный экран, ноутбук, системный блок, монитор, плоттер, МФУ;
- специализированная мебель: стол преподавательский, стул для преподавателя, стол ученический, стул ученический, стол компьютерный, доска ученическая.

3. Помещение для самостоятельной работы.

Библиотечно-издательский центр.

Отдел обслуживания печатными изданиями: комплект проекционный, мультимедийный оборудование: экран настенный, проектор, ноутбук; рабочие столы на 1 место, стулья.

Отдел обслуживания электронными изданиями: интерактивная система, монитор, сетевой терминал, персональный компьютер, МФУ, принтер, рабочие столы на 1 место; стулья.

Информационно-библиографический отдел: персональный компьютер, сканер, МФУ, рабочие столы на 1 место, стулья.

### **8.2. Требования к оборудованию рабочих мест преподавателя и обучающихся**

1. Рабочее место преподавателя, оснащенное ноутбуком.

2. Рабочее место обучающегося, оснащенное компьютером с доступом к сети «Интернет», для работы в электронных образовательных средах, а также для работы с электронными учебниками.

### **8.3. Требования к специализированному оборудованию**

нет

## **9. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

Для обеспечения образования инвалидов и обучающихся с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается (в случае необходимости) адаптированная образовательная программа, индивидуальный учебный план с учетом особенностей их психофизического развития и состояния здоровья, в частности применяется индивидуальный подход к освоению дисциплины, индивидуальные задания: письменные работы и, наоборот, только устные ответы и диалоги, индивидуальные консультации, использование диктофона и других записывающих средств для воспроизведения лекционного и семинарского материала.

В целях обеспечения обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья комплектуется фонд основной литературой, адаптированной к ограничению электронных образовательных ресурсов, доступ к которым организован в БИЦ Академии. В библиотеке проводятся индивидуальные консультации для данной категории пользователей, оказывается помощь в регистрации и использовании сетевых и локальных электронных образовательных ресурсов, предоставляются места в читальном зале.

## **ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

# 1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

## Проектирование мехатронных систем и роботов

### 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

| Индекс | Формулировка компетенции   |
|--------|--|
| ПК-1   | Способен осуществлять разработку конструкторской документации на специализированное оборудование мехатронных и робототехнических систем  |
| ПК-3   | Способен разрабатывать электронные устройства мехатронных и робототехнических систем   |
| ПК-4   | Способен производить расчеты и выбор исполнительных приводов, отдельных электронных и микропроцессорных устройств, цифровых устройств управления мехатронных систем  |
| ПК-5   | Способен проводить эксперименты на действующих макетах, образцах мехатронных и робототехнических систем по заданным методикам, а также вычислительные эксперименты с использованием стандартных программных пакетов, обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств |

### 2. Этапы формирования компетенции в процессе освоения дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой разделов (тем) учебных занятий. Изучение каждого раздела (темы) предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций обучающимися.

Этапность формирования компетенций прямо связана с местом дисциплины в образовательной программе.

| Разделы (темы) дисциплины   | Формируемые компетенции (коды) |      |      |      |
|---|--------------------------------|------|------|------|
|   | ПК-1                           | ПК-3 | ПК-4 | ПК-5 |
| Раздел 1. Основы проектирования робототехнических систем            | +                              |      | +    |      |
| Раздел 2. Кинематика и динамика роботов                             | +                              |      | +    | +    |
| Раздел 3. Приводы и электромеханические системы роботов             | +                              | +    | +    | +    |
| Раздел 4. Преобразователи движения и механические передачи          | +                              | +    | +    | +    |
| Раздел 5. Расчёты и инженерный анализ робототехнических конструкций | +                              | +    | +    | +    |
| Раздел 6. Захватные и исполнительные                                | +                              | +    | +    |      |

|   |   |  |   |   |
|---|---|--|---|---|
| <b>устройства роботов</b>                     |   |  |   |   |
| <b>Раздел 7. Точностные параметры роботов</b> | + |  | + | + |

**3. Показатели, критерии и средства оценивания компетенций, формируемых в процессе изучения дисциплины**

| <b>ПК-1 Способен осуществлять разработку конструкторской документации на специализированное оборудование мехатронных и робототехнических систем</b> |  |   |   |  |   |                                 |
|---|--|---|---|--|---|---------------------------------|
| <b>Индикаторы достижения компетенций</b>  | <b>Критерии оценивания результатов обучения</b>  |   |   |  | <b>Средства оценивания результатов обучения</b> |                                 |
|   | <b>Неудовлетв.</b>   | <b>Удовлетв.</b>  | <b>хорошо</b>   | <b>отлично</b>   | <b>Текущий контроль</b>                         | <b>Промежуточная аттестация</b> |
| <b>ПК 1.1.</b><br>Выполняет анализ технического задания и нормативной документации (ГОСТ, ЕСКД и др.).  | Не знает требования к оформлению документации (ЕСКД, ЕСПД, ЕСТД) и умение выполнять чертежи простых объектов                 | Демонстрирует частичные знания к оформлению документации (ЕСКД, ЕСПД, ЕСТД) и умение выполнять чертежи простых объектов | Демонстрирует знания к оформлению документации (ЕСКД, ЕСПД, ЕСТД) и умение выполнять чертежи простых объектов               | Раскрывает полные знания требований к оформлению документации (ЕСКД, ЕСПД, ЕСТД) и умение выполнять чертежи простых объектов | Текущий тестовый контроль                       | ОФО Курсовой проект Экзамен     |
| <b>ПК 1.2.</b><br>Определяет функциональные, конструктивные и эксплуатационные требования к разрабатываемому оборудованию.                          | Не умеет и не готов определять функциональные, конструктивные и эксплуатационные требования к разрабатываемому оборудованию. | Частично умеет определять функциональные, конструктивные и эксплуатационные требования к разрабатываемому оборудованию. | Умеет использовать определять функциональные, конструктивные и эксплуатационные требования к разрабатываемому оборудованию. | Готов и умеет определять функциональные, конструктивные и эксплуатационные требования к разрабатываемому оборудованию.       |   |                                 |
| <b>ПК 1.3.</b><br>Обосновывает выбор материалов, комплектующих и методов изготовления деталей и узлов   | Не владеет навыками выбора материалов, комплектующих и методов изготовления деталей и узлов                                  | Владеет отдельными навыками выбора материалов, комплектующих и методов изготовления деталей и узлов                     | Владеет отдельными навыками выбора материалов, комплектующих и методов изготовления деталей и узлов                         | Демонстрирует полное владение навыками выбора материалов, комплектующих и методов изготовления деталей и узлов               |   |                                 |
| <b>ПК 1.4.</b><br>Разрабатывает чертежи общего вида, сборочные чертежи,   | Чертежи отсутствуют или содержат грубые нарушения требований ЕСКД, не  | Разработан минимальный комплект чертежей с основными видами и   | Разработан полный комплект документации в соответствии с ЕСКД,  | Документация разработана безупречно, в полном соответствии с   |   |                                 |

|   |  |  |   |   |                           |                                |
|---|--|--|---|---|---------------------------|--------------------------------|
| деталировки и спецификации в соответствии с требованиями ЕСКД.  | соответствуют ТЗ.  | размерами, но с ошибками в оформлении (шрифты, рамки, линии) и неполными спецификациями.   | Чертежи корректны, но могут содержать мелкие неточности в оформлении или сложных узлах.                         | требованиями ЕСКД и ТЗ. Грамотно выполнены все виды, разрезы, проставлены необходимые допуски и посадки. Спецификации составлены полностью и точно. |                           |                                |
| <b>ПК-3 Способен разрабатывать электронные устройства мехатронных и робототехнических систем</b>  |  |  |   |   |                           |                                |
| <b>ПК 3.1.</b> Разрабатывает структурные и принципиальные схемы устройства с учётом совместимости с другими подсистемами мехатронной или робототехнической системы. | Не знает основные методики выбора технических решений при разработке и совершенствовании технологических процессов | Показывает частичные знания основных методик выбора технических решений при разработке и совершенствовании технологических процессов | Знает основные методики выбора технических решений при разработке и совершенствовании технологических процессов | Показывает полные знания основных методик выбора технических решений при разработке и совершенствовании технологических процессов                   | Текущий тестовый контроль | ОФО Курсовой проект<br>Экзамен |
| <b>ПК 3.2.</b> Проводит моделирование и функциональную проверку разработанного устройства с использованием программных и аппаратных средств.                        | Не умеет и не готов выполнять настройку оборудования для контроля качества выпускаемой продукции                   | Демонстрирует частичное умение выполнять настройку оборудования для контроля качества выпускаемой продукции                          | Умеет осуществлять выполнять настройку оборудования для контроля качества выпускаемой продукции                 | Демонстрирует полное владение выполнять настройку оборудования для контроля качества выпускаемой продукции  |                           |                                |
| <b>ПК 3.3.</b> Выполняет разработку печатных  | Не владеет навыками выбора технических   | Владеет отдельными навыками выбора технических решений   | Владеет навыками выбора технических   | Демонстрирует полное владение навыками выбора технических   |                           |                                |

|   |   |  |   |   |                           |                                |
|---|---|--|---|---|---------------------------|--------------------------------|
| плат, компоновку узлов и трассировку с учётом норм ЭМС, тепловых и технологических требований.  | решений и средств для повышения надежности технологических машин и оборудования         | и средств для повышения надежности технологических машин и оборудования        | решений и средств для повышения надежности технологических машин и оборудования | решений и средств для повышения надежности технологических машин и оборудования   |                           |                                |
| <b>ПК-4 Способен производить расчеты и выбор исполнительных приводов, отдельных электронных и микропроцессорных устройств, цифровых устройств управления мехатронных систем</b> |   |  |   |   |                           |                                |
| <b>ПК 4.1.</b><br>Определяет требуемые характеристики исполнительных приводов, электронных и микропроцессорных устройств.   | Допускает существенные ошибки в определении характеристик, не понимает принципов выбора | Определяет характеристики с помощью преподавателя, допускает ошибки в расчетах | Определяет характеристики самостоятельно, но с незначительными ошибками         | Точно определяет все требуемые характеристики, обосновывает выбор                 | Текущий тестовый контроль | ОФО Курсовой проект<br>Экзамен |
| <b>ПК 4.2.</b><br>Производит выбор и расчеты отдельных электронных и микропроцессорных устройств мехатронных систем.  | Не способен выполнить выбор и расчеты без помощи  | Выполняет выбор и расчеты по шаблону, с ошибками в применении формул           | Выполняет выбор и расчеты верно, но не всегда обосновывает решения              | Выполняет выбор и расчеты точно, обосновывает решения, предлагает альтернативы    |                           |                                |
| <b>ПК 4.3.</b><br>Производит расчет и моделирование цифровых устройств управления и интеллектуальных модулей мехатронных систем.  | Не может выполнить моделирование, не понимает принципов работы цифровых устройств       | Моделирует по готовому алгоритму с ошибками, не анализирует результаты         | Моделирует корректно, но без углубленного анализа результатов                   | Проводит полное моделирование с анализом, оптимизацией и верификацией результатов |                           |                                |
| <b>ПК 4.4.</b> Выполняет проверку выбранных приводов и  | Не может провести проверку, не оценивает совместимость                                  | Проводит проверку фрагментарно, без полного анализа совместимости              | Проводит проверку и оценку совместимости, но без учета всех требований          | Полно и корректно проверяет соответствие и совместимость, дает                    |                           |                                |

|  |  |  |   |   |                           |                             |
|--|--|--|---|---|---------------------------|-----------------------------|
| электронных устройств на соответствие требованиям системы, Оценивает совместимость выбранных компонентов между собой и с управляющими системами.   |  |  | системы   | рекомендации по улучшению   |                           |                             |
| <b>ПК-5 Способен проводить эксперименты на действующих макетах, образцах мехатронных и робототехнических систем по заданным методикам, а также вычислительные эксперименты с использованием стандартных программных пакетов, обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств</b> |  |  |   |   |                           |                             |
| <b>ПК 5.1.</b> Проводит эксперименты на действующих макетах, образцах мехатронных и робототехнических систем по заданным методикам с дальнейшей обработкой и интерпретацией полученных данных.   | Не может провести эксперимент, не понимает методики                              | Проводит эксперимент помощью, обрабатывает данные с ошибками | Проводит эксперимент самостоятельно, но интерпретация данных поверхностна | Полно и точно проводит эксперимент, глубоко анализирует и интерпретирует данные | Текущий тестовый контроль | ОФО Курсовой проект Экзамен |
| <b>ПК 5.2.</b> Проводит вычислительные эксперименты для исследования математических моделей элементов мехатронных и робототехнических  | Не владеет программными средствами, не может провести вычислительный эксперимент | Проводит эксперимент по инструкции, анализирует результаты   | Проводит эксперимент верно, но анализ результатов ограничен               | Проводит эксперимент с настройкой параметров, анализирует и обобщает результаты |                           |                             |

|  |   |   |  |  |  |  |
|--|---|---|--|--|--|--|
| систем с использованием специальных программных средств.   |   |   |  |  |  |  |
| <b>ПК 5.3.</b> Составляет отчеты (разделы отчетов), элементы конструкторской документации по теме или по результатам проведенных экспериментов, наблюдений, измерений. | Не структурирует данные, не оформляет отчет | Оформляет отчет с помощью, содержит существенные недочеты | Оформляет отчет самостоятельно, но с незначительными ошибками в структуре или содержании | Составляет полный, структурированный, грамотно оформленный отчет с выводами и рекомендациями |  |  |

## 4. Комплект контрольно-оценочных средств по дисциплине СЕВЕРО-КАВКАЗСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ

Кафедра «МиРС»

### Вопросы к экзамену 6 семестр

1. Основные этапы процесса конструирования роботов.
2. Классификация роботов по типу кинематической схемы.
3. Понятие рабочего пространства робота и его характеристики.
4. Технические характеристики роботов: грузоподъемность, скорость, точность позиционирования.
5. Различие между адаптивными и неадаптивными системами управления роботами.
6. Особенности конструкции манипуляторов с параллельной кинематикой.
7. Достоинства и недостатки конструкций роботов на основе декартовой системы координат.
8. Классификация роботизированных ячеек по компоновке.
9. Централизованная и децентрализованная компоновка роботизированных ячеек.
10. Основные элементы кинематической цепи манипулятора.
11. Прямая и обратная задачи кинематики роботов.
12. Матрицы преобразований в кинематике роботов.
13. Кинематические пары и их классификация в механизмах роботов.
14. Понятие степени подвижности механизма и формула Сомова-Мальшева.
15. Кинематические характеристики движения звеньев робота: скорость и ускорение.
16. Метод Денавита-Хартенберга описания кинематики манипуляторов.
17. Особенности кинематики сферической системы координат в робототехнике.
18. Рабочая зона робота и ее связь с кинематической схемой.
19. Динамика роботов: основные задачи и методы исследования.
20. Уравнения Лагранжа-Эйлера для описания динамики манипуляторов.
21. Матрицы инерции, Кориолисовы и центробежные силы в динамике роботов.
22. Гравитационные силы и их учет в уравнениях динамики.
23. Понятие обобщенных координат и обобщенных сил в динамике.
24. Динамическая модель привода с учетом моментов инерции и трения.
25. Принцип д'Аламбера и его применение в динамике роботов.
26. Рекуррентные алгоритмы Ньютона-Эйлера для расчета динамики.
27. Учет упругих деформаций в звеньях при динамическом моделировании.
28. Критерии оптимизации динамических характеристик роботов.
29. Влияние динамических параметров на точность позиционирования.
30. Конструктивные особенности роботов с повышенной динамической жесткостью.
31. Силовой расчет манипулятора: определение реакций в кинематических парах.
32. Выбор материалов для основных конструктивных элементов робота.
33. Конструкция корпусных деталей и базовых элементов манипуляторов.
34. Методы балансировки звеньев для снижения нагрузки на привод.
35. Роль и место подшипниковых узлов в конструкциях роботов.
36. Герметизация и защита конструктивных элементов в промышленных роботах.
37. Особенности компоновки роботов для работы в агрессивных средах.

38. Конструкция поворотных оснований и колонн роботов.
39. Анализ вибраций в конструкции робота и методы их подавления.
40. Требования к конструкции роботов, работающих в условиях высоких температур.
41. Компоновка роботизированной ячейки с несколькими манипуляторами.
42. Интеграция периферийного оборудования в роботизированную ячейку.
43. Требования к компоновке ячейки для обеспечения безопасности персонала.
44. Планировка пространства роботизированной ячейки с учетом технологического процесса.
45. Системы ограждения и сигнализации в роботизированных ячейках.

### **Вопросы к экзамену 7 семестр**

1. Основные требования к электроприводу роботов.
2. Классификация электродвигателей, применяемых в робототехнике.
3. Особенности сервоприводов и шаговых двигателей в роботизированных системах.
4. Структурная схема системы управления электроприводом робота.
5. Динамические характеристики электропривода: быстродействие и перегрузочная способность.
6. Датчики обратной связи в электроприводе: энкодеры и резольверы.
7. Информационные устройства роботов: классификация датчиков.
8. Тактильные сенсоры и их применение в робототехнике.
9. Системы технического зрения в роботизированных комплексах.
10. Лазерные дальнометры и их роль в навигации мобильных роботов.
11. Инклинометры и гироскопы для определения ориентации робота.
12. Преимущества и недостатки винтовой передачи скольжения.
13. Принцип работы и конструкция шарико-винтовой передачи.
14. Области применения шарико-винтовых передач в робототехнике.
15. Методика выбора шарико-винтовой передачи по критериям нагрузки и долговечности.
16. Реечная передача как преобразователь вращательного движения в поступательное.
17. Конструктивные особенности реечных передач в роботах.
18. Волновая зубчатая передача: принцип действия и кинематические соотношения.
19. Достоинства волновых передач: высокое передаточное отношение и компактность.
20. Конструкция генератора волн и гибкого колеса в волновой передаче.
21. Планетарная передача и ее кинематические возможности.
22. Расчет передаточного отношения планетарного редуктора.
23. Распределение нагрузки между сателлитами в планетарной передаче.
24. Условия соосности, соседства и сборки планетарного ряда.
25. Цели и задачи расчета на прочность при статическом нагружении.
26. Допускаемые напряжения при статическом расчете.
27. Основные гипотезы прочности и их применение.
28. Расчет валов на статическую прочность по эквивалентному моменту.
29. Контактные напряжения в зубчатых передачах.
30. Сущность расчета на выносливость при циклических нагрузках.
31. Предел выносливости материала и факторы, влияющие на него.
32. Построение диаграммы усталостной прочности.
33. Расчет коэффициента запаса усталостной прочности.

34. Причины возникновения концентрации напряжений и методы ее снижения.
35. Понятие жесткости конструкции и критерии ее оценки.
36. Расчет на жесткость валов и осей.
37. Допускаемые прогибы и углы закручивания в элементах роботов.
38. Влияние жесткости конструкции на точность позиционирования.
39. Классификация захватных устройств промышленных роботов.
40. Силовые и кинематические расчеты механических захватных устройств.
41. Адаптивные и самоцентрирующиеся захватные устройства.
42. Источники погрешностей обобщенных координат.
43. Влияние зазоров в кинематических парах на точность позиционирования.
44. Методы компенсации кинематических погрешностей.
45. Погрешность мертвого хода в передачах и способы ее уменьшения.
46. Факторы, определяющие погрешность установки робота на объекте.
47. Методика определения результирующей погрешности позиционирования.
48. Расчет и проектирование направляющих скольжения и качения.
49. Требования к точности и жесткости направляющих линейных перемещений.
50. Назначение и принцип действия люфтовыбирающих механизмов.
51. Конструкции пружинных и гидравлических люфтовыбирающих устройств.
52. Основные показатели надежности робототехнических систем.
53. Расчет вероятности безотказной работы системы с последовательным соединением элементов.
54. Методы повышения надежности запасом и резервированием.
55. Ремонтпригодность как показатель надежности конструкций роботов.

# Образец экзаменационного билета для промежуточной аттестации

СЕВЕРО-КАВКАЗСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ

Кафедра «Мехатронные и робототехнические системы»

20\_\_ - 20\_\_ учебный год

## Экзаменационный билет № 1

по дисциплине «Проектирование мехатронных систем и роботов»  
для обучающихся направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника  
профиль «Электротехнические комплексы мехатронных и робототехнических систем»

1. Классификация электродвигателей, применяемых в робототехнике
2. Методика выбора шарико-винтовой передачи по критериям нагрузки и долговечности.
3. Расчет коэффициента запаса усталостной прочности

Зав. Кафедрой

# СЕВЕРО-КАВКАЗСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ

Кафедра «Мехатронные и робототехнические системы»

## Критерии оценки ответа обучающегося на экзамене

1. Вопрос (Вопросы) для проверки уровня обученности ЗНАТЬ
2. Вопрос (Вопросы) для проверки уровня обученности УМЕТЬ
3. Вопрос (задача/задание) для проверки уровня обученности ВЛАДЕТЬ

### Критерии оценки:

- «отлично» выставляется обучающемуся, если ответы на поставленные вопросы для проверки уровня обученности ЗНАТЬ, УМЕТЬ и ВЛАДЕТЬ в билете излагаются логично, последовательно и не требуют дополнительных пояснений. Делаются обоснованные выводы. Демонстрируются глубокие знания в области основ проектирования машин и аппаратов пищевых производств.

- оценка «хорошо» ставится обучающемуся, если ответы на поставленные вопросы для проверки уровня обученности ЗНАТЬ, УМЕТЬ и ВЛАДЕТЬ излагаются систематизировано и последовательно. Материал излагается уверенно. Демонстрируется умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер.

- оценка «удовлетворительно» ставится обучающемуся, если допускаются нарушения в последовательности изложения. Демонстрируются поверхностные знания вопроса. Имеются затруднения с выводами;

- оценка «неудовлетворительно» ставится обучающемуся, если материал излагается непоследовательно, сбивчиво, не представляет определенной системы знаний.

## Темы курсовых проектов

по дисциплине Проектирование мехатронных устройств и роботов

1. Проектирование трехзвенного манипулятора сферического типа с расчетом кинематики и прочности.
2. Расчет и проектирование SCARA-робота для операции сборки: кинематический и динамический анализ.
3. Разработка конструкции легкого коллаборативного робота с 6 степенями свободы.
4. Моделирование и расчет динамики высокоскоростного дельта-робота для сортировки.
5. Оптимизация конструкции звена манипулятора по критериям жесткости и массы.
6. Синтез привода одной степени подвижности робота: выбор двигателя, редуктора и расчет на динамические нагрузки.
7. Проектирование и расчет волнового редуктора для сочленения промышленного робота.
8. Сравнительный анализ и выбор преобразователя движения для поступательной оси позиционирования.
9. Расчет планетарного редуктора для поворотного основания робота с учетом неравномерности распределения нагрузки.
10. Исследование влияния люфта в передачах на точность позиционирования и разработка люфтовывбирающего механизма.
11. Комплексный прочностной расчет критического узла на статическую и усталостную прочность.
12. Расчет на жесткость конструкции руки манипулятора и оценка ее влияния на погрешность позиционирования.
13. Оценка надежности роботизированной сборочной ячейки на основе анализа отказов ее ключевых компонентов.
14. Расчет контактной прочности зубчатой передачи редуктора робота.
15. Анализ вибронагруженности конструкции робота.
16. Проектирование двухпальцевого захватного устройства с силовым замыканием для деталей переменной формы.
17. Разработка адаптивного захватного устройства с тактильными датчиками для хрупких объектов.
18. Расчет и проектирование направляющих качения для портального робота с высокими требованиями к точности и жесткости.
19. Моделирование погрешностей позиционирования робота из-за температурных деформаций и установочных погрешностей.
20. Проектирование системы аварийного торможения для оси робота с электроприводом.

21. Проектирование компоновки роботизированной технологической ячейки для механической обработки (фрезерование/сварка).
22. Кинематическое и динамическое моделирование манипулятора в среде CAD/CAE.
23. Разработка методики расчета и выбора компонентов мехатронного модуля линейного перемещения.
24. Исследование влияния погрешностей изготовления звеньев на кинематическую точность робота.
25. Системный расчет энергопотребления и теплового режима привода робота в типовом рабочем цикле.

### **Критерии оценки:**

- **«отлично»** выставляется обучающемуся, если курсовой проект носит исследовательский характер, имеет грамотно изложенную теоретическую главу, глубокий анализ, логичное, последовательное изложение материала с соответствующими выводами и обоснованными предложениями, имеющими практическую значимость. Произведенные расчеты выполнены правильно и в полном объеме. Работа выполнена в установленный срок, грамотным языком. Оформление соответствует действующим стандартам, сопровождается достаточным объемом табличного материала и графического материала, имеет положительный отзыв руководителя.

При защите курсового проекта обучающийся показывает глубокое знание вопросов темы, свободно оперирует данными исследования, вносит обоснованные предложения, а во время доклада использует наглядные пособия (таблицы, схемы, графики и т.п.), дает четкие и аргументированные ответы на вопросы, заданные членами комиссии;

- **оценка «хорошо»** выставляется за курсовой проект, который носит исследовательский характер, имеет грамотно изложенную теоретическую главу, проведен достаточно подробный анализ, последовательное изложение материала с соответствующими выводами, однако анализ источников неполный, выводы недостаточно аргументированы, в структуре и содержании работы есть отдельные погрешности, не имеющие принципиального характера. Работа имеет положительный отзыв руководителя.

При защите курсового проекта обучающийся показывает знание вопросов темы, оперирует данными исследования, вносит предложения по теме исследования, во время доклада использует наглядные пособия (таблицы, схемы, графики и т.п.) или раздаточный материал, без особых затруднений отвечает на поставленные вопросы;

- **оценка «удовлетворительно»** выставляется за курсовой проект, который носит исследовательский или описательный характер, имеет теоретическую главу, базируется на практическом материале, однако просматривается непоследовательность изложения материала, анализ источников подменен библиографическим обзором, документальная основа работы представлена недостаточно. Проведенное исследование содержит поверхностный анализ, выводы неконкретны, рекомендации слабо аргументированы, в оформлении работы имеются погрешности, сроки выполнения работы нарушены. В отзыве руководителя имеются замечания по содержанию работы.

При защите курсового проекта обучающийся проявляет неуверенность, показывает слабое знание вопросов темы, не всегда дает исчерпывающие аргументированные ответы на заданные вопросы;

- **оценка «неудовлетворительно»** выставляется за курсовой проект, который не соответствует заявленной теме, не имеет анализа, не отвечает требованиям, изложенным в методических указаниях. Выводы не соответствуют изложенному материалу или отсутствуют. В отзыве руководителя имеются критические замечания.

При защите курсового проекта обучающийся затрудняется отвечать на поставленные вопросы по теме, не знает теории вопроса, при ответе допускает существенные ошибки. При защите не используются наглядные пособия (таблицы, схемы, графики и т.п.).

Результаты защиты курсового проекта оформляются протоколами заседания комиссии.

.

## Комплект тестовых заданий за 7 семестр

по дисциплине «Проектирование мехатронных устройств и роботов»

**1. Последовательность этапов конструирования роботов**

- a) Задание ТЗ – эскизный проект – технический проект – рабочий проект
- b) Технический проект – эскизный проект – рабочее проектирование – ТЗ
- c) Разработка ТЗ – рабочий проект – испытания – технический проект
- d) Эскизный проект – ТЗ – рабочий проект – технический проект

**2. Грузоподъемность промышленного робота**

- a) Определяет максимальную скорость движения захвата
- b) Это максимальная масса груза, которую робот может перемещать с заданной точностью
- c) Зависит только от мощности привода первого звена
- d) Определяет размер рабочего пространства

**3. Рабочее пространство робота**

- a) Это зона, в которой расположены все его приводы
- b) Совокупность всех точек, которых может достигать центр схвата
- c) Определяется только длинами звеньев манипулятора
- d) Имеет форму идеальной сферы для любого типа робота

**4. Робот с параллельной кинематикой (например, дельта-робот)**

- a) Имеет все приводы, расположенные на подвижной платформе
- b) Обладает меньшей жесткостью по сравнению с последовательным при той же массе
- c) Характеризуется высокой динамикой и жесткостью
- d) Всегда имеет шесть степеней свободы

**5. Декартова (прямоугольная) компоновка манипулятора**

- a) Обеспечивает наибольший рабочий объем при минимальных габаритах
- b) Отличается простотой кинематических расчетов и высокой жесткостью
- c) Наименее точна из-за накопления угловых погрешностей
- d) Основана на использовании только вращательных пар

**6. Централизованная компоновка роботизированной ячейки предполагает**

- a) Расположение всех обслуживающих устройств вокруг одного центрального робота
- b) Равномерное распределение оборудования по периметру ячейки
- c) Наличие нескольких роботов, независимо обслуживающих свои участки
- d) Отсутствие ограждений и систем безопасности

**7. Прямая задача кинематики**

- a) Определяет требуемые обобщенные координаты по заданному положению схвата
- b) Определяет положение и ориентацию схвата по заданным обобщенным координатам
- c) Связана с расчетом скоростей и ускорений звеньев
- d) Решается только для статических положений

**8. Матрицы однородных преобразований в кинематике**

- a) Применяются только для описания вращательного движения
- b) Позволяют совместить описание положения и ориентации звена

- c) Имеют размерность  $3 \times 3$
- d) Не используются в методе Денавита-Хартенберга

**9. Вращательная кинематическая пара пятого класса**

- a) Обеспечивает три степени свободы
- b) Является цилиндрическим шарниром
- c) Обеспечивает одну степень свободы — вращение
- d) Это сферический шарнир

**10. Формула Сомова-Малышева для определения степени подвижности пространственного механизма**

- a)  $W = 3n - 2p_1 - p_2$
- b)  $W = 6n - 5p_1 - 4p_2 - 3p_3 - 2p_4 - p_5$
- c)  $W = n - p$
- d)  $W = 4n - 3p_1 - 2p_2 - p_3$

**11. Якобиан манипулятора**

- a) Это матрица, связывающая скорости в суставах со скоростью схвата
- b) Определяет только статическую силу в захвате
- c) Не зависит от конфигурации робота
- d) Используется только для решения обратной задачи кинематики

**12. Метод Денавита-Хартенберга**

- a) Применяется для силового расчета звеньев
- b) Это стандартный метод назначения систем координат звеньям и получения кинематических уравнений
- c) Используется только для плоских манипуляторов
- d) Не требует задания параметров звеньев

**13. Динамика роботов изучает**

- a) Только геометрические связи между звеньями
- b) Зависимости между движениями робота и вызывающими их силами и моментами
- c) Статические нагрузки на конструкцию в фиксированных позах
- d) Точность позиционирования без учета сил

**14. В уравнениях Лагранжа-Эйлера**

- a) Учитываются только силы инерции
- b) Кинетическая и потенциальная энергия системы выражаются через обобщенные координаты
- c) Не учитываются силы трения
- d) Используется только для систем с одной степенью свободы

**15. Матрица инерции манипулятора в уравнениях динамики**

- a) Является постоянной и не зависит от конфигурации
- b) Зависит от положения звеньев (обобщенных координат)
- c) Определяет только центробежные силы
- d) Имеет размерность  $3 \times 3$

**16. Кориолисовы и центробежные силы в динамике робота**

- a) Возникают только при прямолинейном движении схвата
- b) Обусловлены зависимостью матрицы инерции от обобщенных координат
- c) Не зависят от скоростей в суставах
- d) Всегда пренебрежимо малы

**17. Обобщенная сила в динамической модели**

- a) Это всегда реальная физическая сила, измеряемая в ньютонах

- b) Соответствует моменту или силе, развиваемой приводом в обобщенной координате
- c) Не связана с энергией системы
- d) Определяется только массой полезного груза

**18. Алгоритм Ньютона-Эйлера**

- a) Является чисто итерационным методом оптимизации
- b) Это рекуррентный метод расчета скоростей, ускорений и сил в звеньях
- c) Применяется только для прямолинейных движений
- d) Не учитывает гравитацию

**19. Основная цель силового расчета манипулятора**

- a) Определение максимальной скорости движения
- b) Расчет мощности приводов и прочности элементов конструкции
- c) Построение траектории движения схвата
- d) Определение рабочего пространства

**20. Балансировка звеньев робота применяется для**

- a) Увеличения рабочей зоны
- b) Уменьшения требуемого момента на приводе, особенно в статике
- c) Повышения максимальной скорости перемещения
- d) Упрощения кинематических уравнений

**21. Перечислите три основные группы технических характеристик промышленного робота.**

**22. Дайте определение степени подвижности (подвижности) механизма.**

**23. Назовите три основных типа компоновки (кинематической схемы) промышленных манипуляторов.**

**24. Сформулируйте постановку обратной задачи кинематики для манипулятора.**

**25. Запишите общий вид матрицы однородного преобразования, описывающей поворот вокруг оси X и последующий перенос вдоль осей X, Y, Z.**

**26. Объясните, в чем заключается принцип д'Аламбера применительно к динамическому анализу звена манипулятора.**

**27. Перечислите основные силы и моменты, которые необходимо учитывать при составлении полной динамической модели привода робота.**

**28. Назовите два основных метода численного решения уравнений динамики робота.**

**29. Перечислите три ключевых требования к конструкции робота, работающего в условиях высокой запыленности.**

**30. Объясните, почему вибрации конструкции робота критически важны для задач с высокоскоростным и точным позиционированием.**

**Критерии оценки:**

- оценка «зачтено» выставляется обучающемуся, за более 60% правильно выполненных заданий.;
- оценка «не зачтено» за менее 60% правильно выполненных заданий..

## **Комплект тестовых заданий 7 семестр**

по дисциплине «Проектирование мехатронных устройств и роботов»

- 1. Ключевое требование к электроприводу робота для обеспечения точного позиционирования**
  - a) Наличие только высокой максимальной скорости
  - b) Высокая перегрузочная способность в течение длительного времени
  - c) Жесткая механическая характеристика и малая постоянная времени
  - d) Исключительно низкая стоимость
- 2. Серводвигатель в отличие от шагового двигателя**
  - a) Не требует датчика обратной связи для позиционирования
  - b) Обеспечивает высокий момент на низких скоростях
  - c) Всегда работает в режиме открытого контура управления
  - d) Способен развивать более высокие скорости вращения при плавном движении
- 3. Основная функция энкодера в системе управления приводом**
  - a) Измерение температуры двигателя
  - b) Обеспечение обратной связи по положению и скорости вала
  - c) Преобразование постоянного тока в переменный
  - d) Защита от перегрузок по току
- 4. Тактильный датчик в захватном устройстве предназначен для**
  - a) Определения цвета объекта
  - b) Измерения расстояния до объекта
  - c) Формирования сигнала о контакте и измерении силы сжатия
  - d) Считывания штрих-кода
- 5. Главный недостаток передачи винт-гайка скольжения**
  - a) Высокая стоимость
  - b) Низкий КПД и быстрый износ
  - c) Сложность изготовления
  - d) Большие габаритные размеры
- 6. Принцип работы шарико-винтовой передачи основан на**
  - a) Силе трения скольжения между витками
  - b) Преобразовании вращения в поступательное движение через зубчатую рейку
  - c) Циркуляции шариков в канавках между винтом и гайкой для замены трения скольжения на трение качения
  - d) Упругой деформации промежуточного элемента
- 7. Основное преимущество реечной передачи для робота**
  - a) Возможность реализации очень больших перемещений
  - b) Высокая точность позиционирования из-за отсутствия зазора
  - c) Способность передавать очень высокий крутящий момент
  - d) Компактность и малая масса

- 8. Гибкое колесо в волновой передаче**
- a) Имеет наружные зубья и деформируется генератором волн
  - b) Жесткое и является ведущим звеном
  - c) Не имеет зубьев
  - d) Всегда находится в неподвижном состоянии
- 9. В планетарной передаче сателлиты**
- a) Вращаются вокруг собственных осей и вместе с водилом вокруг центральной оси
  - b) Всегда жестко закреплены на водиле
  - c) Находятся в зацеплении только с солнечным колесом
  - d) Обеспечивают изменение направления вращения на противоположное
- 10. Цель расчета на прочность при статическом нагружении**
- a) Определить время безотказной работы детали
  - b) Предотвратить пластическую деформацию или хрупкое разрушение под действием пиковой нагрузки
  - c) Оценить поведение детали под действием вибраций
  - d) Определить критическую скорость вращения вала
- 11. Гипотеза наибольших касательных напряжений (гипотеза Треска-Сен-Венана) применяется для**
- a) Определения контактной прочности зубьев
  - b) Оценки прочности пластичных материалов
  - c) Оценки прочности хрупких материалов
  - d) Расчета на жесткость при изгибе
- 12. Усталостное разрушение детали происходит**
- a) При однократном приложении нагрузки, превышающей предел прочности
  - b) В результате накопления повреждений под действием многократно повторяющихся переменных нагрузок
  - c) Из-за коррозии материала
  - d) Только при высоких температурах
- 13. Концентрация напряжений в детали**
- a) Увеличивает ее предел выносливости
  - b) Возникает в местах плавного изменения формы и повышает усталостную прочность
  - c) Возникает в местах резкого изменения формы (отверстия, канавки) и снижает усталостную прочность
  - d) Не влияет на статическую прочность
- 14. Жесткость конструкции робота влияет прежде всего на**
- a) Его максимальную грузоподъемность
  - b) Цветовое оформление
  - c) Собственную частоту колебаний и точность позиционирования под нагрузкой
  - d) Потребляемую электроэнергию
- 15. Силовое замыкание в захватном устройстве реализуется за счет**
- a) Геометрической формы губок, повторяющей объект
  - b) Постоянного внешнего усилия (например, пружины)
  - c) Использования магнитов или вакуума
  - d) Приложения усилия привода для удержания объекта
- 16. Основной источник погрешности обобщенных координат, связанный с приводом**
- a) Погрешность изготовления длины звена
  - b) Ошибка датчика обратной связи (энкодера)

- c) Деформация фундамента
  - d) Температурное расширение
17. **Мертвый ход в передаче — это**
- a) Максимальный угол поворота ведомого звена
  - b) Повышенный износ зубьев
  - c) Холостное перемещение ведомого звена при изменении направления движения из-за зазора
  - d) Положение, в котором передача заклинивает
18. **Погрешность установки робота на объекте возникает из-за**
- a) Неточной калибровки системы технического зрения
  - b) Несоосности базовой системы координат робота и технологического оборудования
  - c) Люфта в подшипниках второго звена
  - d) Износа губок захвата
19. **Люфтовывбирающий механизм служит для**
- a) Увеличения максимальной скорости движения
  - b) Снижения момента инерции звена
  - c) Автоматического устранения вредного зазора в кинематической паре
  - d) Регулировки жесткости привода
20. **Расчет надежности системы с последовательным соединением элементов показывает, что**
- a) Надежность системы выше надежности самого ненадежного элемента
  - b) Надежность системы равна сумме надежностей всех элементов
  - c) Надежность системы ниже надежности любого из ее элементов
  - d) Отказ одного элемента не влияет на работоспособность системы
21. **Перечислите три основных типа датчиков, используемых в системе технического зрения робота.**
22. **Сформулируйте основное преимущество волновой передачи перед стандартным цилиндрическим редуктором.**
23. **Назовите формулу Вилля для расчета эквивалентного момента при совместном действии изгиба и кручения на валу.**
24. **Перечислите три основных фактора, влияющих на предел выносливости реальной детали.**
25. **Дайте определение контактной прочности зубчатой передачи.**
26. **Назовите два основных критерия при расчете валов на жесткость.**
27. **Перечислите три принципа действия (типа) захватных устройств, не использующих механическое обхватывание.**
28. **Объясните разницу между кинематической погрешностью и погрешностью позиционирования.**
29. **Назовите два основных типа направляющих скольжения по принципу трения.**
30. **Объясните, в чем заключается метод повышения надежности «резервированием» (дублированием).**

**Критерии оценки:**

- оценка «зачтено» выставляется обучающемуся, за более 60% правильно выполненных заданий.;
- оценка «не зачтено» за менее 60% правильно выполненных заданий..

## 5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания компетенции

| № п.п. | Оценочное средство | Процедура оценивания (методические рекомендации)   |
|--------|--------------------|--|
| 1.     | Тестовые задания   | являются простейшей форма контроля, направленная на проверку владения терминологическим аппаратом, современными информационными технологиями и конкретными знаниями в области фундаментальных и прикладных дисциплин. Тест состоит из небольшого количества элементарных задач; может предоставлять возможность выбора из перечня ответов; занимает часть учебного занятия (10–30 минут); правильные решения разбираются на том же или следующем занятии; частота тестирования определяется преподавателем |
| 2.     | Курсовой проект    | является средством применения и реализации полученных обучающимся знаний, умений и навыков в ходе выполнения учебно- практической задачи, связанной с получением корректного значимого результата с помощью реальных средств деятельности.   |
| 3.     | Экзамен            | служит формой проверки качества выполнения обучающимися лабораторных работ, усвоения учебного материала практических и семинарских занятий.  |

Данные формы контроля осуществляются с привлечением разнообразных технических средств. Технические средства контроля могут содержать: программы компьютерного тестирования, учебные задачи, комплексные ситуационные задания.

В понятие технических средств контроля может входить оборудование, используемое обучающимся при лабораторных работах и иных видах работ, требующих практического применения знаний и навыков в учебно-производственной ситуации, овладения техникой эксперимента. В отличие от производственной практики лабораторные и подобные им виды работ не предполагают отрыва от учебного процесса, представляют собой моделирование производственной ситуации и подразумевают предъявление обучающимся практических результатов индивидуальной или коллективной деятельности.

Однако, контроль с применением технических средств имеет ряд недостатков, т.к. не позволяет отследить индивидуальные способности и креативный потенциал обучающегося. В этом он уступает письменному и устному контролю. Как показывает опыт некоторых вузов - технические средства контроля должны сопровождаться устной беседой с преподавателем.

Информационные системы и технологии (ИС) оценивания качества учебных достижений обучающихся являются важным сегментом информационных образовательных систем, которые получают все большее распространение в вузах при совершенствовании (информатизации) образовательных технологий. Программный инструментарий (оболочка) таких систем в режиме оценивания и контроля обычно включает: электронные обучающие тесты, электронные аттестующие тесты, электронный практикум, виртуальные лабораторные работы и др.

Электронные обучающие и аттестующие тесты являются эффективным средством контроля результатов образования на уровне знаний и понимания.

Режим обучающего, так называемого репетиционного, тестирования служит, прежде всего, для изучения материалов дисциплины и подготовке обучающегося к аттестующему тестированию, он позволяет обучающемуся лучше оценить уровень своих знаний и

определить, какие вопросы нуждаются в дополнительной проработке. В обучающем режиме особое внимание должно быть уделено формированию диалога пользователя с системой, путем задания вариантов реакции системы на различные действия обучающегося при прохождении теста. В результате обеспечивается высокая степень интерактивности электронных учебных материалов, при которой система предоставляет обучающемуся возможности активного взаимодействия с модулем, реализуя обучающий диалог с целью выработки у него наиболее полного и адекватного знания сущности изучаемого материала

Аттестующее тестирование знаний обучающихся предназначено для контроля уровня знаний и позволяет автоматизировать процесс текущего контроля успеваемости, а также промежуточной аттестации.

Виртуальные лабораторные работы - комплекс связанных анимированных изображений, моделирующих опытную установку. Специальная система виртуальных переключателей, окон для задания параметров эксперимента и манипуляции мышью позволяют обучающемуся оперативно менять условия эксперимента и производить расчеты или строить графики. При этом обучающийся может вмешиваться в ход работы, изменять условия её проведения и параметры. Выполнение лабораторной работы заканчивается представлением отчета, который может быть проверен автоматически.

### Аннотация рабочей программы дисциплины

|  |   |
|--|---|
| Дисциплина                             | Проектирование мехатронных устройств и роботов  |
| Реализуемые компетенции                | <b>ПК-1, ПК-3, ПК-4, ПК-5</b>   |
| Индикаторы достижения компетенций      | <p><b>ПК-1.1.</b> Выполняет анализ технического задания и нормативной документации (ГОСТ, ЕСКД и др.).</p> <p><b>ПК-1.2.</b> Определяет функциональные, конструктивные и эксплуатационные требования к разрабатываемому оборудованию.</p> <p><b>ПК-1.3.</b> Обосновывает выбор материалов, комплектующих и методов изготовления деталей и узлов</p> <p><b>ПК-1.4.</b> Разрабатывает чертежи общего вида, сборочные чертежи, деталировки и спецификации в соответствии с требованиями ЕСКД.</p> <p><b>ПК-3.1.</b> Разрабатывает структурные и принципиальные схемы устройства с учётом совместимости с другими подсистемами мехатронной или робототехнической системы.</p> <p><b>ПК-3.2.</b> Проводит моделирование и функциональную проверку разработанного устройства с использованием программных и аппаратных средств.</p> <p><b>ПК-3.3.</b> Выполняет разработку печатных плат, компоновку узлов и трассировку с учётом норм ЭМС, тепловых и технологических требований.</p> <p><b>ПК 4.1.</b><br/>Определяет требуемые характеристики исполнительных приводов, электронных и микропроцессорных устройств.</p> <p><b>ПК 4.2.</b><br/>Производит выбор и расчеты отдельных электронных и микропроцессорных устройств мехатронных систем.</p> <p><b>ПК 4.3.</b><br/>Производит расчет и моделирование цифровых устройств управления и интеллектуальных модулей мехатронных систем.</p> <p><b>ПК 4.4.</b> Выполняет проверку выбранных приводов и электронных устройств на соответствие требованиям системы, Оценивает совместимость выбранных компонентов между собой и с управляющими системами.</p> <p><b>ПК 5.1.</b> Проводит эксперименты на действующих макетах, образцах мехатронных и робототехнических систем по заданным методикам с дальнейшей обработкой и интерпретацией полученных данных.</p> <p><b>ПК 5.2.</b> Проводит вычислительные эксперименты для исследования математических моделей элементов мехатронных и робототехнических систем с использованием специальных программных средств.</p> <p><b>ПК 5.3.</b> Составляет отчеты (разделы отчетов), элементы конструкторской документации по теме или по результатам проведенных экспериментов, наблюдений, измерений.</p> |
| Трудоемкость, з.е.                     | <b>324/9</b>  |
| Формы отчетности (в т.ч. по семестрам) | <p>Экзамен в 6 семестре ОФО</p> <p>Курсовой проект в 7 семестре ОФО</p> <p>Экзамен в 7 семестре ОФО</p>   |