

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Курганский государственный университет»  
(КГУ)

Кафедра «Механика машин и основы конструирования»



УТВЕРЖДАЮ:  
Ректор  
/ Н.В. Дубив /  
«14» сентября 2020 г.

Рабочая программа учебной дисциплины

## МЕХАНИКА РОБОТОВ

образовательной программы высшего образования –  
программы специалитета

**01.05.01    Фундаментальные математика и механика**

Специализация:

**Математическое и компьютерное моделирование механических систем**

Формы обучения: очная

Курган 2020

Рабочая программа дисциплины «Механика роботов» составлена в соответствии с учебным планом по программе специалитета Фундаментальные математика и механика (Математическое и компьютерное моделирование механических систем; утвержденным:  
- для очной формы 28 августа 2020 года.

Рабочая программа дисциплины одобрена на заседании кафедры «Механика машин и основы конструирования» «11» сентября 2020 года, протокол № 1.

Рабочую программу составил

к.т.н., доцент кафедры  
«Механика машин и основы конструирования»

Н.Н. Крохмаль

Согласовано:

Заведующий кафедрой  
«Механика машин и основы конструирования»

Д.А. Курасов

Специалист по учебно-методической работе  
Учебно-методического отдела

Г.В. Казанкова

Начальник  
управления образовательной деятельности

С.Н. Сеницын

## 1 ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Всего: 2 зачетных единицы трудоемкости (72 академических часа)

### Очная форма обучения

Вид учебной работы	На всю дисциплину	Семестры
		8
<b>Аудиторные занятия (контактная работа с преподавателем), всего часов в том числе:</b>	<b>38</b>	<b>38</b>
Лекции	26	26
Лабораторные работы	-	-
Практические занятия	12	12
<b>Самостоятельная работа, всего часов в том числе:</b>	<b>34</b>	<b>34</b>
Подготовка к зачёту	18	18
Другие виды самостоятельной работы (самостоятельное изучение тем (разделов) дисциплины)	16	16
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	<b>Зачёт</b>	<b>Зачёт</b>
<b>Общая трудоемкость дисциплины и трудоемкость по семестрам, часов</b>	<b>72</b>	<b>72</b>

## 2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина относится к части формируемой участниками образовательных отношений блока 1. Изучение дисциплины «Механика роботов» базируется на результатах обучения, сформированных при изучении следующих дисциплин:

- Математический анализ;
- Физика;
- Теоретическая механика;
- Основы проектирования и компьютерные технологии;
- Техническая механика.

Результаты обучения по дисциплине необходимы для освоения последующих дисциплин:

- Компьютерный анализ и синтез механических систем;
- Специальные главы технической механики.

## 3 ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Целью освоения дисциплины «Механика роботов» является: подготовка обучающихся к производственно-технологической деятельности посредством обеспечения этапов формирования компетенций, предусмотренных образовательной программой, в части представленных ниже знаний, умений и навыков.

Задачами освоения дисциплины «Механика роботов» являются: изучение понятийного аппарата дисциплины, основных теоретических положений и методов,



привитие навыков применения теоретических знаний для решения практических задач.

Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины:

- способность участвовать в проектировании машин и конструкций с целью расчётов их прочности, устойчивости, долговечности и безопасности, обеспечения надёжности и износостойкости узлов и деталей машин и механических систем. (ПК-8).

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

- знать основные кинематические пары, главные механизмы, двигательные устройства для приведения в движение промышленных роботов, типовые варианты построения звеньев роботов и манипуляторов, агрегатно-модульный набор для конструирования звеньев манипуляторов, основные исполнительные механизмы приводов роботов (ПК-8).

- уметь определять формулу промышленного робота по известной структурно-кинематической схеме, решать обратную задачу с формированием необходимой структурно-кинематической схемы промышленного робота (ПК-8).

- владеть навыками построения пространственных рабочих зон, формируемых характерной точкой схвата промышленных роботов (ПК-8).

## 4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Учебно-тематический план

#### Очная форма обучения

Рубеж	Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы	Количество часов контактной работы с преподавателем	
			Лекции	Практич. занятия
Рубеж 1	1	Основные понятия механики и кинематики роботов. Модификации промышленных роботов.	4	2
	2	Степени подвижности промышленного робота. Манипуляционная система. Типовые кинематические схемы манипуляторов.	4	2
		Рубежный контроль № 1	0,5	-
Рубеж 2	3	Прямая и обратная задача кинематики. Решение прямой и обратной задачи кинематики на плоскости. Рабочие зоны. Основные компоненты и виды приводов для манипуляционных систем промышленных роботов.	8	4
	4	Основные компоненты и виды приводов для манипуляционных систем промышленных роботов.	9	4
		Рубежный контроль № 2	0,5	-

<b>Всего:</b>	<b>26</b>	<b>12</b>
---------------	-----------	-----------

#### 4.2 Содержание лекционных занятий

Наименование раздела, темы дисциплины	Наименование и содержание лекции
Основные понятия механики и кинематики роботов. Модификации промышленных роботов.	Внешний вид промышленных роботов. Происхождение термина. Нормативные документы по промышленным роботам и манипуляторам. Классификация промышленных роботов. Поколения роботов
	Структура промышленного робота. Основные понятия кинематики роботов. Кинематические звенья. Классификация кинематических пар.
Степени подвижности промышленного робота. Манипуляционная система. Типовые кинематические схемы манипуляторов	Классификация степеней подвижности роботов. Переносные и ориентирующие степени подвижности. Формула промышленного робота. Понятие рабочей зоны. Рабочие зоны в прямоугольной, цилиндрической и ангулярной системе координат.
	Типовые кинематические схемы манипуляторов (плоская прямоугольная, пространственная прямоугольная, цилиндрическая, сферическая, ангулярные плоская, цилиндрическая и сферическая).
Прямая и обратная задача кинематики. Решение прямой и обратной задачи кинематики на плоскости. Рабочие зоны.	Технология построения рабочей зоны промышленного робота. Пример построения. Постановка и решение прямой и обратной задач кинематики на плоскости
	Построение рабочей зоны напольных и портальных роботов для переносных степеней подвижности.
	Построение рабочей зоны напольных и портальных роботов для переносных степеней подвижности. Построение результирующей рабочей зоны
Основные компоненты и виды приводов для манипуляционных систем промышленных роботов.	Противоречия при выборе механизмов приводов и конструировании промышленных роботов. Исполнительный орган промышленного робота – схват (виды конструкций). Описание групп датчиков промышленного робота. Требования к механизмам приводов промышленных роботов

#### 4.3.1 Практические занятия

Номер раздела, темы дисциплины	Наименование раздела, темы дисциплины	Наименование и содержание практического занятия	Норматив времени, час.
			Очная форма обучения
1	Основные понятия механики и кинематики роботов. Модификации промышленных роботов.	Изучение простейших кинематических звеньев, применяемых в конструкциях промышленных роботов.	2
2	Степени подвижности промышленного робота	Изучение и отображение кинематических пар различных классов	2



	та. Манипуляционная система. Типовые кинематические схемы манипуляторов	Построение типовых кинематических схем манипуляторов.	
3	Прямая и обратная задача кинематики. Решение прямой и обратной задачи кинематики на плоскости. Рабочие зоны.	Построение рабочей зоны напольных и портальных роботов для переносных степеней подвижности	4
		Построение рабочей зоны напольных и портальных роботов для переносных степеней подвижности. Построение результирующей рабочей зоны	
4	Основные компоненты и виды приводов для манипуляционных систем промышленных роботов.	Изучение конструкций исполнительного органа промышленных роботов	4
<b>Всего</b>			<b>12</b>

### 5 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

При прослушивании лекций рекомендуется в конспекте отмечать все важные моменты, на которых заостряет внимание преподаватель, в частности те, которые направлены на качественное выполнение соответствующего практического занятия.

Преподавателем запланировано использование при чтении лекций технологии учебной дискуссии. Поэтому рекомендуется фиксировать для себя интересные моменты с целью их активного обсуждения на дискуссии в конце лекции.

Залогом качественного выполнения практических заданий является самостоятельная подготовка к ним накануне путем повторения материалов лекций. Рекомендуется подготовить вопросы по неясным моментам и обсудить их с преподавателем в начале практического занятия.

Преподавателем запланировано применение на практических занятиях технологий развивающейся кооперации, коллективного взаимодействия, разбора конкретных ситуаций. Поэтому приветствуется групповой метод выполнения практических заданий, а также взаимооценка и обсуждение результатов выполнения практических заданий.

Для текущего контроля успеваемости преподавателем используется балльно-рейтинговая система контроля и оценки академической активности. Поэтому настоятельно рекомендуется тщательно прорабатывать материал дисциплины при самостоятельной работе, участвовать во всех формах обсуждения и взаимодействия, как на лекциях, так и на практических занятиях в целях лучшего освоения материала и получения высокой оценки по результатам освоения дисциплины.

Выполнение самостоятельной работы подразумевает самостоятельное изучение разделов дисциплины, подготовку к практическим занятиям и рубежным контролям, подготовку к зачету.

Рекомендуемая трудоемкость самостоятельной работы представлена в таблице:

## Рекомендуемый режим самостоятельной работы

Наименование вида самостоятельной работы	Рекомендуе- мая трудо- емкость, акад. ч.
Самостоятельное изучение тем дисциплины: 1. Виды приводов роботов. 2. Виды кинематических цепей роботов. Открытые и замкнутые цепи.	6
Подготовка к рубежному контролю (по 2 ч. на каждый рубеж)	4
Подготовка к практическим занятиям (по 1 часу к каждому занятию)	6
Подготовка к зачету	18
<b>Всего:</b>	<b>34</b>

### 6 ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

#### 6.1 Перечень оценочных средств

1. Балльно-рейтинговая система контроля и оценки академической активности студентов в КГУ.
2. Тестовые вопросы к рубежным контролям № 1, № 2.
3. Вопросы для подготовки к зачету.
4. Банк тестовых вопросов для подготовки к зачету.

#### 6.2 Система балльно-рейтинговой оценки работы студентов по дисциплине

Текущий контроль проводится в виде контроля посещения лекций, практических занятий:

- посещение лекций – до 26 баллов (по 2 балла за лекцию);
  - посещение работа на практических занятиях – до 18 баллов (по 3 балла за занятие).
- Рубежные контроли проводятся на 4-й и 13-й лекциях в форме письменного опроса:  
Рубежный контроль № 1 – до 13 баллов;  
Рубежный контроль № 2 – до 13 баллов.  
Зачет – до 30 баллов.  
Всего – 100 баллов.

Для допуска к промежуточной аттестации (зачету) студент должен набрать по итогам текущего и рубежного контроля не менее 50 баллов и должен выполнить все практические задания. Для получения зачёта автоматически необходимо набрать 61 балл.

По согласованию с преподавателем студенту, могут быть добавлены дополнительные (бонусные) баллы за активность на консультациях, активное участие в научной и методической работе, оригинальность принятых решений в ходе выпол-



нения практических, за участие в значимых учебных и внеучебных мероприятиях кафедры и выставлена «автоматически» оценка «зачтено».

В случае если к промежуточной аттестации (зачету) набрана сумма менее 50 баллов, студенту необходимо набрать недостающее количество баллов за счет выполнения дополнительных заданий, до конца последней (зачетной) недели семестра. При этом необходимо проработать материал всех пропущенных практических занятий до 8 баллов. Прохождение рубежного контроля – баллы в зависимости от рубежа.

Ликвидация академических задолженностей, возникших из-за разности в учебных планах при переводе или восстановлении, проводится путем выполнения дополнительных заданий, форма и объем которых определяется преподавателем.

### **6.3 Процедура оценивания результатов освоения дисциплины**

Рубежные контроли проводятся в виде письменных ответов на контрольные вопросы, а зачет проводится в форме письменного тестирования.

Перед проведением каждого рубежного контроля преподаватель прорабатывает со студентами основную материал соответствующих разделов дисциплины в форме краткой лекции-дискуссии.

Каждый письменный опрос рубежных контролей № 1, № 2 состоит из 13 вопросов на каждом рубеже, взятых из списка вопросов для подготовки к рубежному контролю. Каждый вопрос оценивается в 1 балл.

На каждый опрос при рубежном контроле студенту отводится время - 30 минут.

Преподаватель оценивает в баллах результаты опроса каждого студента по количеству правильных ответов и заносит в ведомость учета текущей успеваемости.

Тест при проведении зачета состоит из 10 вопросов. Количество баллов по результатам зачета соответствует количеству правильных ответов студента на вопросы теста. Время, отводимое студенту на выполнение тестов, составляет 0,5 астрономического часа. Каждый вопрос оценивается в 3 балла.

Результаты текущего контроля успеваемости и зачета заносятся преподавателем в зачётную ведомость, которая сдается в организационный отдел института в день проведения зачета, а также выставляются в зачетную книжку студента.

### **6.4 Примеры оценочных средств для рубежных контролей и зачета**

Приложение 2.

### **6.5 Фонд оценочных средств**

Полный банк заданий для текущего, рубежных контролей и промежуточной аттестации по дисциплине, показатели, критерии, шкалы оценивания компетенций, методические материалы, определяющие процедуры оценивания образовательных результатов, приведены в учебно-методическом комплексе дисциплины.



## 7 ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА

### 7.1 Основная учебная литература

1. Егоров, О.Д. Механика роботов : учебное пособие / О.Д. Егоров ; Министерство транспорта Российской Федерации, Московская государственная академия водного транспорта. - М. : Аль-таир-МГАВТ, 2007. - 224 с. : ил., табл., схем. - Библиогр. в кн. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: [//biblioclub.ru/index.php?page=book&id=429843](http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=429843).

2. Рыбак, Л.А. Эффективные методы решения задач кинематики и динамики робота-станка параллельной структуры. [Электронный ресурс] : Монографии / Л.А. Рыбак, В.В. Ержуков, А.В. Чичварин. - Электрон. дан. - М. : Физматлит, 2011. - 148 с. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/59592> - Загл. с экрана.

### 7.2. Дополнительная учебная литература

3. Гончаревич, И.Ф. Основы робототехники. Механизмы выдвижения и поворота робота-погрузчика с пневмоприводом : методические рекомендации / И.Ф. Гончаревич, К.С. Никулин ; Министерство транспорта Российской Федерации, Московская государственная академия водного транспорта. - М. : Альтаир-МГАВТ, 2014. - 63 с. : ил., табл., схем. - Библиогр. в кн. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: [//biblioclub.ru/index.php?page=book&id=429847](http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=429847).

## 8 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

**Методические указания к проведению практических занятий и выполнению курсового проекта:**

Лекционные занятия:

Аудитория, оснащенная презентационной мультимедийной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

Практические занятия:

Аудитория, оснащенная приборами, моделями и мультимедийной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

## 9 РЕСУРСЫ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Сайт по механике роботов. Прямая и обратная задача кинематики на плоскости – Режим доступа: <http://robocraft.ru/blog/mechanics/756.html> – Загл. с экрана.

2. Сайт промышленной робототехники. – Режим доступа: <http://robot.jofo.ru/621836.html> – Загл. с экрана.

## **10 ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ**

При чтении лекций используются слайдовые презентации.

## **11 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Компьютерный класс, лаборатория теории механизмов и машин, мультимедийное оборудование (переносной персональный компьютер, мультимедийный проектор, мультимедийный экран).



Аннотация к рабочей программе дисциплины

**«Механика роботов»**

образовательной программы высшего образования –  
программы специалитета

**01.05.01   Фундаментальные математика и механика**

Специализация:

**Математическое и компьютерное моделирование механических систем**

Трудоемкость дисциплины: 2 ЗЕ (72 академических часа)

Семестр: 8.

Форма промежуточной аттестации: Зачет

Содержание дисциплины

Основные понятия механики и кинематики роботов. Модификации промышленных роботов. Степени подвижности промышленного робота. Манипуляционная система. Типовые кинематические схемы манипуляторов. Прямая и обратная задача кинематики. Решение прямой и обратной задачи кинематики на плоскости. Рабочие зоны. Основные компоненты и виды приводов для манипуляционных систем промышленных роботов.

**Вопросы для подготовки к рубежным контролям и зачету**

1. Как записать формулу промышленного робота по заданной структурно-кинематической схеме?
2. Какие конструкции исполнительного органа промышленного робота Вы знаете?
3. С чего начинается построение рабочей зоны промышленного робота?
4. Назовите кинематические пары 1-6 –го классов.
5. В чем разница между переносными и ориентирующими степенями подвижности?
6. Какие конструкции звеньев промышленных роботов входят в типовой агрегатно-модульный набор?
7. Опишите технологии решения прямой и обратной задачи кинематики на плоскости.
8. Какие основные параметры механизмов приводов промышленных роботов Вы использовали в расчетах?
9. К чему привязывается базовая система координат при построении рабочей зоны манипулятора?
10. Какие три системы координатных перемещений наиболее часто используются в промышленных роботах?
11. Какие кинематические пары используются в манипуляторах роботов?
12. Какие задачи используются при кинематическом синтезе манипуляторов?
13. С помощью чего определяется положение кинематической цепи в пространстве?
14. В качестве каких элементов используются промышленные роботы в гибких производственных системах?
15. Какой принцип построения манипуляторов получил развитие для современных промышленных роботов?
16. Что такое рабочая зона, и какими параметрами она характеризуется?
17. Что такое маневренность манипулятора?
18. В чем принципиальное отличие кинематических цепей манипуляторов от других механизмов?
19. Внешний вид промышленных роботов. Происхождение термина.
20. Нормативные документы по промышленным роботам и манипуляторам.
21. Классификация промышленных роботов. Поколения роботов.
22. Структура промышленного робота.
23. Основные понятия кинематики роботов.
24. Кинематические звенья. Классификация кинематических пар.
25. Классификация степеней подвижности роботов. Переносные и ориентирующие степени подвижности.
26. Формула промышленного робота. Понятие рабочей зоны.
27. Рабочие зоны в прямоугольной, цилиндрической и ангулярной системе координат.
28. Типовые кинематические схемы манипуляторов (плоская прямоугольная, пространственная прямоугольная, цилиндрическая, сферическая,
29. Типовые кинематические схемы манипуляторов (ангулярные плоская, цилиндрическая и сферическая)



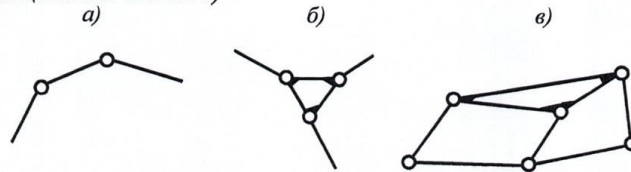
30. Технология построения рабочей зоны промышленного робота. Пример построения.
31. Постановка и решение прямой задачи кинематики на плоскости.
32. Постановка и решение обратной задачи кинематики на плоскости.
33. Противоречия при выборе механизмов приводов и конструировании промышленных роботов.
34. Исполнительный орган промышленного робота – хват (виды конструкций).
35. Требования к механизмам приводов промышленных роботов

## Примеры тестов для зачета

1. Кинематическая пара - это ....

- 1) пара звеньев
- 2) подвижное соединение пары звеньев
- 3) одно или несколько твердых тел, жестко соединенных между собой

2. Кинематическая цепь по схеме в)



- 1) простая незамкнутая
- 2) простая замкнутая
- 3) сложная замкнутая
- 4) сложная незамкнутая
- 5)

3. На рисунке приведено условное обозначение (по ГОСТ 2.770-68\*)



- 1) вращательной кинематической пары
- 2) цилиндрической кинематической пары
- 3) сферической кинематической пары
- 4) поступательной кинематической пары
- 5) винтовой кинематической пары