

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор  
ГГТУ им. П.О. Сухого

\_\_\_\_\_ О.Д.Асенчик

\_\_\_\_\_ 05.12. \_\_\_\_\_ 2019 г.

Регистрационный № УД – 24 – 48 /уч.

## КОНСТРУИРОВАНИЕ РОБОТОВ

Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности:

1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного  
производства»

2019 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта РБ «ОСВО 1-36 01 03-2013 Высшее образование. Первая ступень. Специальность 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства», учебного плана специальности 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства» специализации 1-36 01 03 01 «Металлорежущие станки» № I 36 -1-02/ уч. от 11.02.2016

**СОСТАВИТЕЛЬ:**

М.И. Михайлов, заведующий кафедрой «Металлорежущие станки и инструменты», учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», доктор технических наук, профессор

**РЕЦЕНЗЕНТ:**

А.А.Кафанов – директор ОАО «Гомельский завод станочных узлов»

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой «Металлорежущие станки и инструменты» учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол № 1 от 02.09.2019 г.);

Научно-методическим советом машиностроительного факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол № 3 от 02.12.2019 г); УД-МР-305/уч.

Научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол № 2 от 03.12.2019).

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная программа по дисциплине «Конструирование роботов» составлена на основании образовательного стандарта РБ «ОСВО 1-36 01 03-2013 Высшее образование. Первая ступень. Специальность 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства», учебного плана специальности 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства» специализации 1-36 01 03 01 «Металлорежущие станки» № I 36 -1-02/ уч. от 11.02.16.

Цель учебной дисциплины - формирование у студентов компетентности в области проектирования роботов машиностроительного производства.

Основными задачами учебной дисциплины являются: изучение способов решения типовых задач проектирования роботов и систем их управления; освоение основных возможностей универсальных и специализированных пакетов в области автоматизированного проектирования роботов.

Дисциплина «Конструирование роботов» базируется на знаниях, полученных при изучении учебных дисциплин государственного компонента цикла общепрофессиональных и специальных дисциплин: «Технологическое оборудование», «Теория машин и механизмов» и дисциплин компонента учреждения высшего образования: «Машинная графика», «Математическое моделирование оборудования и инструментов».

Знания и умения, полученные студентами при изучении данной дисциплины, необходимы для освоения дисциплин специализаций, связанных с проектированием технологического оборудования, таких как: «Конструирование и расчет технологического оборудования», а также выполнении студентами курсовых проектов, научно-исследовательских работ, дипломного проекта.

В результате освоения учебной дисциплины «Конструирование роботов» студент должен:

**знать:**

- принципы автоматизированного проектирования типовых узлов роботов;
- возможности средств автоматизированного проектирования и управления при производстве и эксплуатации роботов;

**уметь:**

- формировать расчетные модели для проектирования роботов;
- осуществлять оценку точности и адекватности расчетных моделей промышленных роботов;
- использовать пакеты компьютерных программ при проектировании роботов;

**владеть:**

- методикой проектирования роботов;
- методами использования технических средств САПР промышленных роботов.

Освоение данной учебной дисциплины обеспечивает формирование следующих компетенций:

- АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.
- АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.
- АК-3. Владеть исследовательскими навыками.
- АК-4. Уметь работать самостоятельно.
- АК-5. Быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью).
- АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.
- АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.
- АК-8. Обладать навыками устной и письменной коммуникации.
- АК-9. Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.
- СЛК-6. Уметь работать в команде.
- ПК-1. Формулировать цели проекта при заданных критериях и ограничениях.
- ПК-3. Выполнять расчеты проектируемых изделий.
- ПК-21. Создавать математические и физические модели процессов и оборудования.
- ПК-24. Выполнять исследования процессов обработки деталей на металлорежущем оборудовании.

Дисциплина «Конструирование роботов» связана с дисциплинами, «Конструирование и расчет технологического оборудования» и «Проектирование технологических систем».

Форма получения высшего образования: дневная.

На изучение учебной дисциплины «Конструирование роботов» отведено всего 88 часов.

Трудоемкость учебной дисциплины, выраженная в зачетных единицах, составляет 2 зачетные единицы.

Распределение аудиторного времени по видам занятий, курсам и семестрам

Виды занятий, курсы, семестры, и формы текущей аттестации	Форма получения высшего образования
	Дневная
Курс	4
Семестр	8
Лекции (час.)	34
Практические занятия (час)	17
Всего аудиторных часов	51
Форма текущей аттестации	
Зачет (семестр)	8

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

### РАЗДЕЛ I. *БАЗОВЫЕ ПОНЯТИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РОБОТОВ*

#### **Тема 1.1. Основные задачи и особенности проектирования роботов**

Основные задачи проектирования и особенности конструкций роботов. Взаимосвязь между параметрами роботов. Принципы проектирования роботов.

### *РАЗДЕЛ II. КИНЕМАТИКА РОБОТОВ*

**Тема 2.1. Однородное преобразование.** Исходные матрицы преобразования. Обобщенная методика кинематического анализа. Прямая задача кинематики.

**Тема 2.2. Обратная задача кинематики.** Формирование расчетных зависимостей прямой задачи формообразования. Влияние ограничений перемещений. Построение многомерных систем регулирования. Принципы построения кинематических схем роботов с приводами, вынесенными на основание. Построения кинематических схем роботов с вынесенными двигателями. Выбор элементов приводов роботов. Структуры манипуляторов с параллельными кинематическими цепями.

**Тема 2.3. Планирование траекторий.** Аппроксимация траекторий звеньев кубическими полиномами. Отслеживание траектории робота.

### *РАЗДЕЛ III. СТАТИКА И ДИНАМИКА РОБОТОВ*

**Тема 3.1. Статическая точность, порядок расчета.** Использование унифицированных моделей для получения расчетных зависимостей. Оценка допустимой деформации, исходя из точности отработки траектории.

**Тема 3.2. Влияние компоновки робота на жесткость.** Разработка математической модели компоновки робота. Численное моделирование статической точности.

**Тема 3.3. Скорости перемещений рабочего органа.** Использование позиционных матричных зависимостей для определения скоростных соотношений. Прямая и обратная задачи. Ускорение звеньев. Разомкнутая схема. Прямая и обратная динамические задачи.

**Тема 3.4. Системы уравнивания статических нагрузок роботов.** Определение основных показателей уравнивающих устройств. Конструкции уравнивающих устройств. Представление манипуляционных роботов методом связанных графов. Основные положения теории графов. Методика использования связанных графов.

### *РАЗДЕЛ IV. ДАТЧИКИ РОБОТОВ*

**Тема 4.1. Классификация датчиков .** Системы тактильного очувствления. Датчики усилия и момента сил. Лазерные и ультразвуковые датчики.

**Тема 4.2. Системы технического зрения.** Получение образов. Метод одностороннего сканирования. Метод прямого сравнения. Анализ связности. Преобразование образов. Распознавание образов. Стереоскопическое зрение в робототехнике. Активные и пассивные стереоскопические системы.

## ***РАЗДЕЛ V. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТАМИ***

**Тема 5.1. Пассивное управление.** Позиционное управление. Точность и применение позиционного управления. Устройство контурного управления в координатах звеньев.

**Тема 5.2. Независимое программное управление движением по скорости, ускорению и силе.** Устройство адаптивного управления. Речевое управление роботом. Организация совместной работы робота и системы технического зрения. Особенности программирования робота и системы технического зрения. Анализ погрешностей отработки программ.

**Тема 5.3. Искусственный интеллект и планирование задач в робототехнике.** Основные положения искусственного интеллекта. Нейронные сети.

## ***РАЗДЕЛ VI. КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ РОБОТОВ***

**Тема 6.1. Типовые конструкции захватов.** Конструирование элементов захватов. Конструирование захватных устройств с двумя подвижными пальцами.

**Тема 6.2. Конструирование захватных устройств с жесткими подвижными пальцами.** Конструирование захватных устройств с адаптивными пальцами.

**Тема 6.3. Модульный принцип проектирования роботов.** Формирование конструкции робота с использованием модульного принципа. Устройство и принцип работы промышленного робота ТУР-10.

**Тема 6.4. Устройство и принцип работы измерительных роботов.** Особенности конструкций измерительных роботов. Устройство и принцип работы сборочных роботов.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
(Очная форма получения образования)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов			Количество часов УСР*	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Иное		
1	2	3	6	7	8	9
<b>I.</b>	<b>Базовые понятия проектирования роботов</b>	1				
1.1	Основные задачи и особенности проектирования роботов	1				З
<b>II.</b>	<b>Кинематика роботов</b>	7				З
2.1	Однородное преобразование	2	3			З, ЗПР
2.2	Обратная задача кинематики	3				З
2.3	Планирование траекторий	2	3			З, ЗПР
<b>III.</b>	<b>Статика и динамика роботов</b>	8				З
3.1	Статическая точность, порядок расчета	2				З
3.2	Влияние компоновки робота на жесткость	2				З
3.3	Скорости перемещений рабочего органа	2	4			З, ЗПР
3.4	Системы уравнивания статических нагрузок роботов	2				З
<b>IV</b>	<b>Датчики роботов</b>	4				З
4.1	Классификация датчиков	2	3			З, ЗПР
4.2	Системы технического зрения	2				З
<b>V</b>	<b>Системы управления роботами</b>	6				З
5.1	Пассивное управление	2				З
5.2	Независимое программное управление движением по скорости, ускорению и силе	2				З
5.3	Искусственный интеллект и планирование задач в	2				З

	робототехнике					
<b>VI</b>	<b>Конструктивные решения роботов</b>	8				3
6.1	Типовые конструкции захватных устройств	2				3
6.2	Конструирование схватов с жесткими подвижными пальцами	2				3
6.3	Модульный принцип проектирования роботов	2	4			3, ЗПР
6.4	Устройство и принцип работы измерительных роботов	2				3
<b>ВСЕГО</b>		<b>34</b>	<b>17</b>			

Сокращения – 3 - зачет, ЗПР – защита практических работ;

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ЧАСТЬ

### Перечень основной литературы

1. Механика промышленных роботов: уч. пособ: В 3 кн / под ред. К.В. Фролова, Е.И. Воробьева - М.: Высш. шк., 1988.- Кн. 1. - 304 с. Кн.2. – 367 с. Кн. 3. – 383 с.

### Перечень дополнительной литературы

2. Бураков, М. В. Системы искусственного интеллекта. – М.: Проспект, 2019. – 440 с.
3. Босинзон М.А. Современные системы ЧПУ и их эксплуатация: М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 192 с.
4. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: учебное пособие /Е.Э.Фельдштейн, М.А.Корниевич. – Минск: Новое знание; Москва: Инфа-М, 2011. – 263 с.
5. Балабанов, П.В. Программирование робототехнических систем: учебное электронное издание : учебное пособие / П.В. Балабанов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Тамбовский государственный технический университет. – Тамбов : ФГБОУ ВПО "ТГТУ", 2018. – 82 с. : схем., ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=570263>. – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-8265-1938-7. – Текст : электронный.
6. Гончаревич, И.Ф. Робототехнические комплексы : лабораторный практикум / И.Ф. Гончаревич, К.С. Никулин ; Министерство транспорта Российской Федерации, Московская государственная академия водного транспорта. – Москва : Альтаир : МГАВТ, 2010. – 65 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=429848>. – Библиогр. в кн. – Текст : электронный.

### Перечень учебно-методической литературы

7. Михайлов, М.И., Карпов, А.А., Никитенко, Д.В. Автоматизация станкоинструментального производства: практическое пособие по одноименной дисциплине для студентов специальности 1-36 01 03 дневной формы обучения. – Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2010. – 44 с.
8. Михайлов М.И. Алгоритмизация расчётов типовых механизмов станков. /Практ.пособие по дисциплине «Математическое моделирование и САПР ПР, СиИ» - Гомель: ГГТУ, 1998.-35с.

### Средства диагностики, процедур оценки уровня знаний

Для диагностики компетентности результатов учебной деятельности применяются следующие формы контроля:

1. Устная форма в виде собеседования на практических занятиях;
2. Письменная форма в виде письменных отчетов по практическим занятиям;
3. Устно-письменная форма в виде зачета.

#### Перечни используемых средств диагностики результатов учебной деятельности

- проведение текущих контрольных опросов по изучаемым темам;
- текущая аттестация по успеваемости;
- сдача зачета.

#### Перечень методов (технологий) обучения

Основными методами (технологиями) обучения, отвечающими целям изучения дисциплины, являются:

- чередование теоретических лекционных занятий с практическими занятиями;
- использование во время теоретических занятий современных средств, презентаций и обучающих программ;

#### Организация самостоятельной работы студентов

При изучении дисциплины используются следующие формы самостоятельной работы:

- выполнение студентами индивидуальных заданий во время проведения практических занятий;
- подготовка к зачету.

#### Перечень тем практических занятий

1. Выбор структуры и компоновки промышленного робота для участка механической обработки
2. Выбор компоновки модульного робота для обслуживания участка из трех станков
3. Определить размеры основных звеньев робота
4. Выбор параметров привода робота
5. Расчет динамических параметров исполнительного механизма робота

#### Требования к обучающимся при прохождении текущей аттестации

Студенты допускаются к сдаче зачета по учебной дисциплине при условии выполнения всех видов работ, предусмотренных настоящей учебной программой.

При прохождении контроля знаний в период текущей аттестации студентам запрещается пользоваться учебными изданиями, записями, конспектами и другими источниками информации, мобильными телефонами и другими средствами хранения и передачи информации.

#### Перечень контрольных вопросов

1. Основные задачи и особенности проектирования роботов.
2. Основные задачи проектирования и особенности конструкций роботов.
3. Раскрыть взаимосвязь между параметрами роботов.
4. Принципы проектирования роботов.
5. Однородное преобразование. Привести примеры.
6. Прямая задача кинематики. Привести примеры.
7. Обратная задача кинематики. Привести примеры.
8. Влияние ограничений перемещений. Привести примеры.
9. Построение многомерных систем регулирования. Привести примеры.
10. Принципы построения кинематических схем роботов с приводами, вынесенными на основание. Привести примеры.
11. Построения кинематических схем роботов с вынесенными двигателями.
12. Выбор элементов приводов роботов.
13. Структуры манипуляторов с параллельными кинематическими цепями.
14. Планирование траекторий. Привести примеры.
15. Аппроксимация траекторий звеньев кубическими полиномами.
16. Отслеживание траектории робота.
17. Статическая точность, порядок расчета.
18. Оценка допустимой деформации, исходя из точности отработки траектории.
19. Влияние компоновки робота на жесткость.
20. Последовательность определения скорости перемещений рабочего органа.
21. Последовательность определения ускорения звеньев.
22. Разомкнутая схема. Привести примеры.
23. Прямая и обратная динамические задачи. Привести примеры.
24. Системы уравнивания статических нагрузок роботов. Привести примеры.
25. Представление манипуляционных роботов методом связанных графов. Привести примеры.
26. Классификация датчиков.
27. Системы тактильного осязания.
28. Датчики усилия и момента сил.
29. Лазерные и ультразвуковые датчики.
30. Системы технического зрения.
31. Получение образов.
32. Метод одностороннего сканирования.
33. Метод прямого сравнения.

34. Анализ связности. Привести примеры.
35. Преобразование образов.
36. Распознавание образов.
37. Стереоскопическое зрение в робототехнике.
38. Активные и пассивные стереоскопические системы.
39. Пассивное управление.
40. Позиционное управление.
41. Устройство контурного управления в координатах звеньев.
42. Независимое программное управление движением по скорости, ускорению и силе.
43. Устройство адаптивного управления.
44. Речевое управление роботом.
45. Организация совместной работы робота и системы технического зрения.
46. Искусственный интеллект и планирование задач в робототехнике.
47. Типовые конструкции захватных устройств.
48. Конструирование элементов схватов.
49. Конструирование схватов с двумя подвижными пальцами.
50. Конструирование схватов с жесткими подвижными пальцами.
51. Конструирование захватных устройств с адаптивными пальцами.
52. Модульный принцип проектирования роботов.
53. Устройство и принцип работы промышленного робота ТУР-10.
54. Устройство и принцип работы измерительных роботов.
55. Устройство и принцип работы сборочных роботов.

## ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
1	2	3	4
Конструирование и расчет технологического оборудования	МРСиИ	Нет М.И. Михайлов	
Автоматическое управление процессами и системами	МРСиИ	Нет М.И. Михайлов	