

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Тобольский педагогический институт им. Д.И.Менделеева (филиал)  
Тюменского государственного университета

УТВЕРЖДАЮ

Директор

Шилов С.П.

« 28 » \_\_\_\_\_ 2020 г.



## ОСНОВЫ ИНЖЕНЕРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ

Рабочая программа для обучающихся по направлению подготовки  
44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям)  
Профиль: Сервис мехатронных систем  
Форма обучения очная

Ечмаева Г.А. Основы инженерного проектирования мехатронных систем. Рабочая программа для обучающихся по направлению подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям): Сервис мехатронных систем, форма обучения очная. Тобольск, 2020.

Рабочая программа дисциплины опубликована на сайте ТюмГУ: Основы инженерного проектирования мехатронных систем [электронный ресурс] / Режим доступа: <https://tobolsk.utmn.ru/sveden/education/#>

© Тобольский педагогический институт им. Д.И.Менделеева (филиал) Тюменского государственного университета, 2020

© Ечмаева Галина Анатольевна, 2020

## 1. Пояснительная записка

**Целью** изучения дисциплины является формирование предметных знаний в области современной техники и технологий (мехатроника), проектирования и моделирования мехатронных модулей и систем, необходимых для реализации профессиональной деятельности студентов по профилю подготовки.

### Задачи:

- помочь обучающемуся получить представление о сфере современных высоких технологий в области мехатроники и робототехники,
- изучения основ эргономики рабочего пространства при проектировании и конструировании мехатронных узлов и модулей учебного назначения,
- изучение основных деталей, узлов и модулей мехатронных устройств, принципов их функционирования, проектирования и создания;
- освоение навыков проектирования и подготовки проектной документации;

### 1.1. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Основы инженерного проектирования мехатронных систем» относится к дисциплинам обязательной части блока Б1. Учебным планом предусмотрено изучение данной дисциплины в течение семестре С.

Для освоения дисциплины обучающиеся используют знания и умения, сформированные в ходе изучения следующих дисциплин и практик: Основы начертательной геометрии и инженерной графики (5,6 сем.), Основы алгоритмизации и программирования (6 семестр), Основы проектной деятельности (7 семестр), Электрорадиотехника (9,А сем.),

Изучение данной дисциплины обеспечивает освоение последующих дисциплин и практик: Методика обучения видам профессиональной деятельности (С сем.), Теория машин и механизмов (D семестр), Основы электроники и микропроцессорной техники (D семестр), Программирование микроконтроллеров (E семестр), Преддипломная практика, Выпускная квалификационная работа (бакалаврская работа) (G сем.)

### 1.2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины

Процесс изучения данной дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по данному направлению подготовки:

УК–1 - Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

ОПК-8 - Способен осуществлять педагогическую деятельность на основе специальных научных знаний

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения: (знаниевые/функциональные)
УК–1 - Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	Знает базовые компоненты и особенности их применения в мехатронных и робототехнических системах
	Знает стандарты оформления конструкторской (ЕСКД) и технической (ЕСТД) документации.
	Умеет читать и оформлять техническую документацию в соответствии со стандартами ЕСКД и ЕСТД
	Может осуществлять поиск и оценку информации, необходимой для проектирования и разработки модулей мехатронных и робототехнических систем
ОПК-8 - Способен осуществлять	Знает специфику командной проектной деятельности в области технических наук

педагогическую деятельность на основе специальных научных знаний	Может организовывать командное взаимодействие в процессе проектирования и разработки деталей и модулей мехатронных и робототехнических модулей и устройств
--	--

## 2. Структура и трудоемкость дисциплины

Таблица 1

Вид учебной работы	Всего часов	Часов в семестре
		С
<b>Общая трудоемкость</b>	зач. ед.	5
	час	180
Из них:		
<b>Часы аудиторной работы (всего):</b>	60	60
Лекции	20	20
Практические занятия		
Лабораторные / практические занятия по подгруппам	40	40
<b>Часы внеаудиторной работы, включая самостоятельную работу обучающегося и контроль</b>	120	120
Вид промежуточной аттестации (зачет, диф. зачет, экзамен)	зачет	зачет

## 3. Система оценивания

### 3.1. Текущий контроль

Распределение баллов по темам и видам работ

Задание	Формы оцениваемой работы	Макс. Кол-во баллов
Изучение теоретического материала и подготовка структурированного конспекта по истории развития мехатроники, классификации мехатронных модулей, вклад российских ученых и инженеров в развитие мехатроники	Конспекты	0-5
Тестирование	Тесты	0-20
Выполнение заданий по Лабораторным работам 1 - 20	Защита результатов лабораторных работ, ответы на вопросы разработка проектного задания	0-75
	ИТОГО	100

### 3.2 Промежуточная аттестация

Оценка за экзамен может быть выставлена автоматически по результатам балльно-рейтинговой системы. Содержание оцениваемой работы студентов приведено выше в пункте 3.1. Оценка выставляется в зависимости от того, какое количество баллов студент набрал в рамках текущего контроля.

Интерпретация баллов рейтинговой системы оценки успеваемости студентов

Вид аттестации	Соответствие рейтинговых баллов и академических оценок	
	<i>Не зачтено</i>	<i>Зачтено</i>
Зачет	0 - 60 баллов	61 - 100 баллов

Если студент за семестр не набирает порогового значения баллов (61), то он может сдавать зачет в традиционной форме устного ответа по вопросам с демонстрацией практического применения теории.

#### 4. Содержание дисциплины

##### 4.1. Тематический план дисциплины

Таблица 2

№ п/п	Наименование тем и/или разделов	Объем дисциплины (модуля), час.				
		Всего	Виды аудиторной работы (академические часы)			Иные виды контактной работы
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные/практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Основы становления мехатронных устройств	4	1			
2.	Мехатронные модули и их классификация	8	1			
3.	Структура мехатронных модулей	8	2			
4.	Кинематическая точность мехатронных модулей	8	2			
5.	Основы конструирования технических объектов и мехатронных модулей	8	2		2	
6.	Электродвигатели	24			10	
7.	Преобразователи движения	28	4		8	
8.	Тормозные устройства	16	2		2	
9.	Направляющие	24	2		8	
10.	Информационные устройства	32	2		8	
11.	Надежность мехатронных модулей	12	2		2	
	ИТОГО	180	20		40	

#### 4.2. Содержание дисциплины по темам

##### 4.2.1. Темы лекций

1. *Основы становления мехатронных устройств*: От механики к мехатронике. Мехатронные устройства

2. *Мехатронные модули*: Классификация мехатронных модулей. Модули движения Мехатронные модули движения Состав мехатронного модуля движения. Интеллектуальные мехатронные модули. Примеры интеллектуальных мехатронных модулей

3. *Структура и интеграция мехатронных модулей*: Компоненты мехатронных модулей Структура механизмов мехатронных модулей. Структурный анализ механизмов мехатронных модулей. Структурный синтез механизмов мехатронных модулей. Модели мехатронных модулей. Критерии интеграции мехатронных модулей

4. **Кинематическая точность мехатронных модулей:** Погрешность системы управления и двигателя. Кинематическая погрешность и мертвый ход преобразователей движения. Погрешность, вызванная податливостью преобразователя движения. Податливость элементов преобразователей движения. Приведенная податливость преобразователей движения. Погрешность мехатронного модуля.

5. **Основы конструирования технических объектов и мехатронных модулей:** Цель, задачи и методы конструирования Основные этапы конструирования. Разработка концепции технического объекта Методы конструирования. Трудности конструирования. Профессиональные качества и способности, необходимые конструктору Общие положения конструирования Системный подход при конструировании мехатронных модулей. Синергетическая интеграция при конструировании. Этапы конструирования Основы методики конструирования мехатронных модулей. Состав и классификация стандартов ЕСКД. Конструкторская и схемная документация Техническое задание. Анализ взаимосвязей мехатронного модуля с внешним окружением Разработка технических требований Предварительное конструирование основных частей мехатронного модуля. Разработка вариантов эскизной компоновки мехатронного модуля. Чертеж эскизной компоновки Компактность конструкции. Чертеж окончательной компоновки Конструирование с использованием систем автоматизированного проектирования. Типы и стадии разработки конструкторской документации.

6. **Электродвигатели:** Электродвигатели углового движения. Электродвигатели постоянного тока. Электродвигатели переменного тока. Линейные электродвигатели. Энергетический расчет мехатронного модуля с электродвигателем углового движения. Энергетический расчет универсального мехатронного модуля при незначительных динамических нагрузках. Энергетический расчет универсального мехатронного модуля при значительных динамических нагрузках Передаточное отношение преобразователя движения Оптимизация выбора силовых элементов

7. **Преобразователи движения:** Винтовая передача качения. Винтовая передача скольжения Дифференциальная и интегральная передача винт-гайка. Реечная передача. Волновая зубчатая передача. Планетарные передачи. Передачи с гибкой связью.

8. **Люфтовывбирающие механизмы:** Выборка мертвого хода в винтовых механизмах Выборка мертвого хода в зубчатых механизмах

9. **Тормозные устройства:** Механические тормозные устройства Электромагнитные фрикционные тормозные устройства.

10. **Направляющие:** Направляющие с трением скольжения. Направляющие с трением качения. Шариковые ЛМ – направляющие. Шарикосплайновые направляющие. Расчет ЛМ – направляющих на долговечность. Расчет шарикосплайновых направляющих на долговечность. Расчет ЛМ – и шарикосплайновых направляющих на статическую грузоподъемность

11. **Информационные устройства:** Датчики информации. Датчики положения и перемещения Датчики скорости

12. **Надежность мехатронных модулей:** Основные понятия надежности Характеристики надежности. Безотказность. Надежность в период нормальной эксплуатации. Надежность в период постепенных отказов Надежность сложных систем

#### 4.2.1. Темы лабораторных занятий

**Лабораторная работа 1.** Конструкторская документация проектирования ММ

**Лабораторная работа 2.** Шаговые двигатели мехатронных устройств и управление ими

**Лабораторная работа 3.** Серводвигатели мехатронных устройств и управление ими

**Лабораторная работа 4.** Двигатели постоянного тока мехатронных устройств и управление ими

**Лабораторная работа 5.** Двигатели переменного тока мехатронных устройств и управление ими

- Лабораторная работа 6.** Винтовые преобразователи движения  
**Лабораторная работа 7.** Ременные преобразователи движения  
**Лабораторная работа 8.** Зубчатые передачи как преобразователи движения  
**Лабораторная работа 9.** Передачи с гибкой связью  
**Лабораторная работа 10.** Тормозные устройства в мехатронных системах  
**Лабораторная работа 11.** Направляющие с трением скольжения  
**Лабораторная работа 12.** Направляющие с трением качения  
**Лабораторная работа 13.** Шарикосплайновые направляющие  
**Лабораторная работа 14.** Расчёт и конструирование направляющих  
**Лабораторная работа 15.** Расчёт и конструирование направляющих  
**Лабораторная работа 16.** Датчик освещенности  
**Лабораторная работа 17.** Датчик положения  
**Лабораторная работа 18.** Датчик скорости  
**Лабораторная работа 19.** Датчик расстояния  
**Лабораторная работа 20.** Надежность мехатронных модулей

#### 4.2.3. Образцы средств для проведения текущего контроля

Текущий контроль осуществляется проверкой наличия конспектов лекций, выполнения заданий в ходе лабораторных, практических занятий и самостоятельной работы

##### **Лабораторная работа 1.** Шаговые двигатели

**Цель:** Изучить устройство шаговых двигателей, их особенности, характеристики, режимы работы, специфику применения в мехатронных модулях и системах. Научиться подключать шаговые двигатели к управляющему микроконтроллеру, разрабатывать программы управления.

**Техническое обеспечение:** Компьютеры; ОС WINDOWS 10; среда IDE, симулятор TinkerCAD, шаговые двигатели, драйвера шаговых двигателей.

*Теоретические вопросы:*

1. Что такое шаговый двигатель?
2. Устройство шагового двигателя
3. Основы работы шагового двигателя
4. Режимы управления
5. Типы шаговых двигателей
6. Характеристики шаговых двигателей
7. Преимущества шаговых двигателей
8. Недостатки шаговых двигателей.
9. Подключение обмоток (коммутация) шагового двигателя
10. Контроллер управления шаговым двигателем

Практические задания

1. Сборка управляющего модуля работой шагового двигателя

Для практической реализации в рамках данной работы используется шаговый двигатель 28BYj-48, драйвер управления ULN2003, и управляющая платформа Arduino Uno.

Двигатель 28BYj-48 достаточно дешёвый, прост в сборке и разработка для его управляющей программы не вызывает больших затруднений. Идеально подходит для небольших технических проектов — 28BYj-48.

Рассмотрим специфику двигателя, поскольку от этого зависит особенность управляющей программы. Внешний вид представлен на рис. 23.

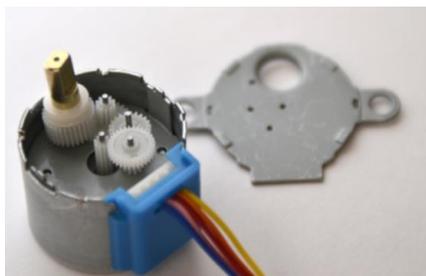


Рис.23.

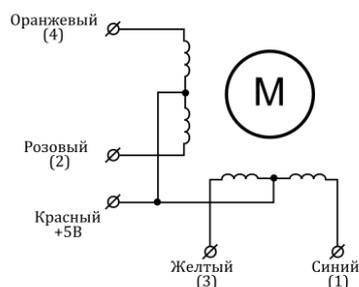


Рис.24.

Спецификация двигателя:

Тип мотора	Униполярный шаговый двигатель
Число фаз	4
Рабочее напряжение	5-12 вольт
Частота	100 Гц
Частота под нагрузкой	> 600 Гц
Крутящий момент	> 34.3 мН*м (120 Гц)
Режим шага	рекомендуется полушаговый режим (8-шаговая управляющая сигнальная последовательность)
Угол шага	8-шаговая управляющая сигнальная последовательность - 5.625°/шаг 4-шаговая управляющая сигнальная последовательность - 11.25°/шаг
Передаточное отношение редуктора	Производителем заявлено 64:1
Скорость	Средняя скорость 15 об/мин, с помощью программного кода можно ускорить до 35 об/мин, но следует понимать, что при этом теряется мощность и точность.
Вес	30 г

Данный двигатель имеет четыре обмотки, которые запитываются последовательно (рис.24). Для того, чтобы заставить мотор двигаться по часовой стрелке, нужно попеременно подавать на обмотки напряжение. Двигатель работает в двух режимах в *шаговом* и *полушаговом*.

Для запуска мотора в *шаговом* режиме необходимо две из четырех обмоток запитывать на каждом шаге. Схема включения питания обмоток будет следующая:

Провод	Фазы для шагового режима			
	1	2	3	4
4 оранжевый				
3 желтый				
2 розовый				
1 синий				

Для запуска мотора в *полушаговом* режиме запитывание обмоток выполняется по следующей схеме:

Провод	Фазы для полушагового режима							
	1	2	3	4	5	6	7	8
4 оранжевый								
3 желтый								
2 розовый								
1 синий								

Принципиальная схема подключения шагового двигателя к контроллеру и управляющей платформе представлены на рис.25. Визуальная схема подключения представлена на рис. 26.

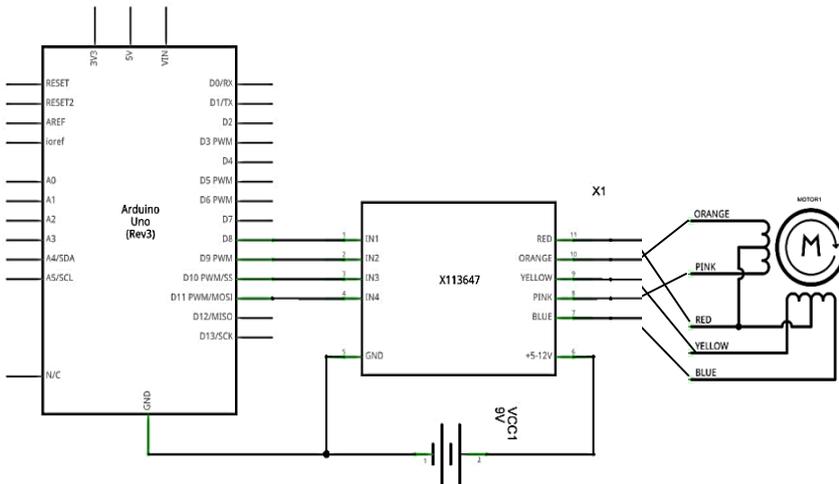


Рис. 25.

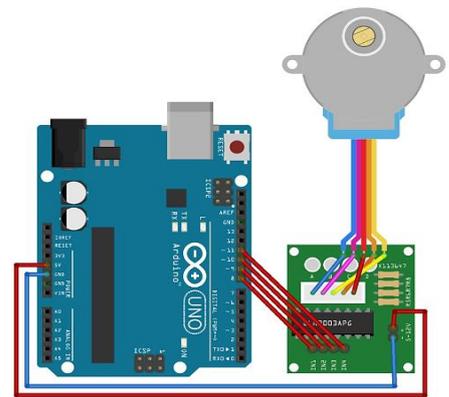


Рис.26.

Подключение питания контроллера шагового двигателя выполняется с управляющей платформы, при этом используются следующие пины:

- **5V:** На вывод поступает напряжение 5В от стабилизатора платы (+).
- **GND:** Напряжение в 0В - "Земля" – (-)

Подача управляющих сигналов на контроллер шагового двигателя с управляющей платформы, осуществляется с помощью пинов ввода/вывода:

- **8:** цифровой пин
- **9:** цифровой пин с функцией PWM - широтно-импульсной модуляцией -
- **10 (SS):** цифровой пин с функцией PWM - широтно-импульсной модуляцией - рассчитан для связи по интерфейсу SPI (последовательный интерфейс). Позволяет выводить 8-битные аналоговые значения в виде ШИМ-сигнала
- **11 (MOSI):** цифровой пин с функцией PWM - широтно-импульсной модуляцией - рассчитан для связи по интерфейсу SPI (последовательный интерфейс). Позволяет выводить 8-битные аналоговые значения в виде ШИМ-сигнала

## 2. Программное управление шаговым двигателем

Для разработки управляющей программы может быть использована среда Arduino IDE. Среда разработки представляет собой простой текстовый редактор программного кода. Для загрузки программ и связи среда подключается к аппаратной части Arduino. Среда является кроссплатформенной и может работать под управлением Windows, Mac, Linux. Arduino IDE содержит множество предустановленных библиотек, которые позволяют реализовать дополнительную функциональность скетчам, например, при работе с аппаратной частью или при обработке данных.

Среда Arduino IDE реализует язык программирования устройств Arduino, основанный на C/C++. На данный момент — это, самый удобный способ программирования устройств на микроконтроллерах.

Для работы с шаговыми двигателями в среде Arduino IDE имеется две библиотеки **myStepper** и **AccelStepper**. Рассмотрим возможности каждой из них.

1. *myStepper* - стандартная библиотека Ардуино для управления униполярными и биполярными шаговыми двигателями, устанавливается вместе с пакетом Arduino IDE. Кроме конструктора содержит всего следующие функции:

**Stepper (steps, pin1, pin2, pin3, pin4)** - конструктор класса Stepper. Создает объект типа Stepper. Имеет следующие параметры:

- *steps* – количество шагов двигателя на один оборот (360°). Параметр используется функцией `setSpeed()` для вычисления скорости вращения.
- *pin1, pin2, pin3, pin4* – выходы для подключения драйвера двигателя. Для двух-проводной схемы подключения *pin3* и *pin4* не используются. Для четырех-проводной схемы *pin1, pin2, pin3, pin4* соответствуют фазам А, С, В, D при униполярном режиме управления.

*Пример: Stepper motor1 (100, 10, 11, 12, 13); // создает объект motor1 с параметрами количество шагов на борот-100, устанавливает пины комутации фаз 10, 11, 12, 13*

**void setSpeed (long rpms)** - устанавливает скорость вращения двигателя в оборотах в минуту. Имеет следующие параметры:

- *rpms* - скорость вращения в оборотах в минуту.

*Пример: motor1.setSpeed(60); // устанавливает скорость вращения 60 об.в мин*

**void step(int steps)** - вызывает поворот двигателя на заданное число шагов. Функция останавливает выполнение программы до тех пор, пока не завершится ее работа. Имеет следующие параметры:

- *steps* – число шагов, на которое требуется повернуть ротор двигателя. Отрицательное значение вращает двигатель в противоположную сторону.

*Пример: motor1.step (-20); // сделать 20 шагов против часовой стрелки*

Таким образом, используя возможности данной библиотеки программа управления шаговым двигателем может быть реализована по следующему алгоритму:

1. двигатель делает *n* оборотов против часовой стрелки;
2. останавливается на *t* сек;
3. делает *n* оборотов по часовой стрелке;
4. останавливается на *t* сек;
5. повтoить с п.1 в бесконечном цикле.

**Задание 1:** Разработать управляющую программу, которая запустит двигатель на 10 оборотов по часовой стрелке со скоростью 60 об. мин:

**Задание 1:** Разработать управляющую программу, которая запустит двигатель на 10 оборотов против часовой стрелки со скоростью 60 об. мин:

### **Образцы заданий для самостоятельной работы**

1. Термины, определения и обозначения зубчатых передач
2. Конструктивные параметры зубчатых колес
3. По заданному модулю (*m*), числу зубьев (*z*), диаметру отверстия (*dw*) выполнить расчёты и вычертить детали зубчатой передачи.
4. Рассчитать и вычертить сборочный чертёж цилиндрической зубчатой передачи и заполнить спецификацию
5. Выполнить практическую работу по определению модуля и остальных параметров зубчатого колеса по модели.
6. Выполнить рабочий чертёж зубчатого колеса.

**Тестовые задания:**

1. Движение в зубчатых передачах передается за счет...

- 1) зацепления зубьев
- 2) сил трения между зубьями
- 3) прижатия колес друг к другу
- 4) скольжения зубьев друг по другу

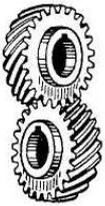
2. В цилиндрических зубчатых передачах передаточное отношение ...

- 1) постоянное
- 2) переменное
- 3)  $u = 0$
- 4)  $u = \infty$

3. У зубчатых колес находящихся в зацепление должны быть одинаковыми ...

- 1) делительные диаметры
- 2) ширина колес
- 3) числа зубьев
- 4) модули зубьев

4. Как классифицируется по взаимному расположению осей колес передача на рисунке?



1. Оси параллельны
2. Оси пересекаются
3. Оси скрещиваются

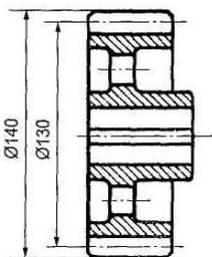
5. С какими зубьями выполнены шестерня и колесо, показанные на рисунке?



1. Прямые
2. Косые
3. Винтовые

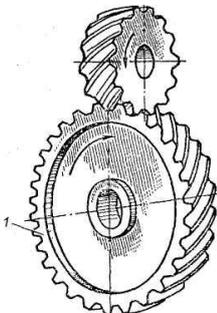


6. Как называется деталь, изображенная на рисунке?



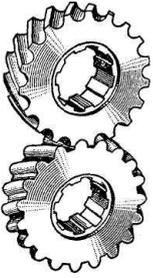
1. Зубчатое колесо цилиндрическое
2. Зубчатое колесо коническое
3. Червячное колесо

7. Как называется деталь 1, изображенная на рисунке?



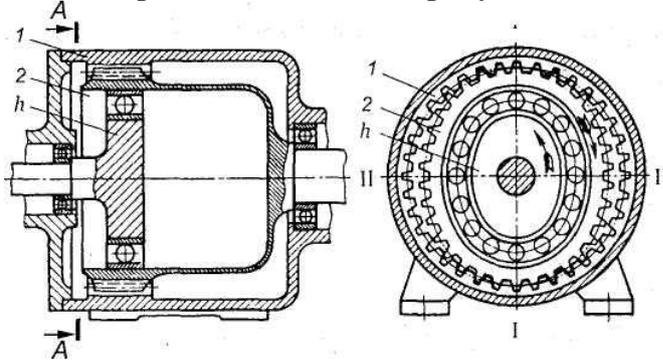
1. Червяк
2. Шестерня
3. Колесо зубчатое
4. Звездочка
5. Шкив

8. Какой профиль имеют зубья передачи, показанной на рисунке?



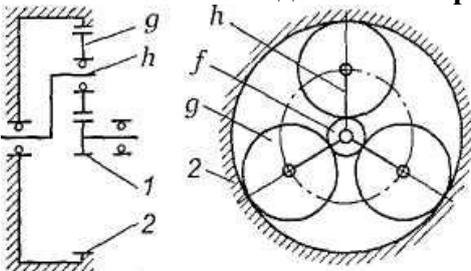
1. Эвольвентный
2. Циклоидальный
3. Зацепление Новикова
4. Эти профили в машиностроении не используются

**9. Какая передача показана на рисунке?**



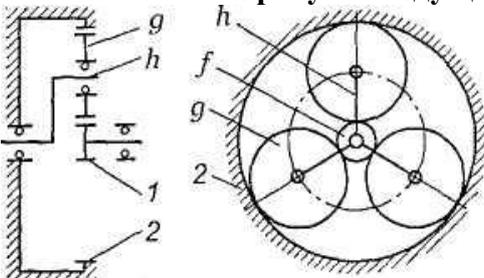
1. Зубчатая с внутренним зацеплением
2. Зубчатая планетарная
3. Зубчатая волновая

**10. Как называют деталь h на рисунке?**



1. Водило
2. Сателлиты
3. Корона
4. Солнце

**11. Покажите на рисунке ведущий вал зубчатой передачи**



- 1) 1
- 2) 2
- 3) g
- 4) h

И т.д.

**5. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа студентов предполагает изучение теоретического материала по актуальным вопросам дисциплины. Рекомендуется самостоятельное изучение доступной учебной и научной литературы, периодических, научно-практических, аналитических и экспертных изданий. Степень овладения знаниями и практическими навыками определяется в процессе текущего и итогового контроля.

**Таблица 3**

№ темы	Раздел	Темы	Формы СРС, включая требования к подготовке к занятиям
1.	Основы становления мехатронных устройств	История развития мехатроники и ее направлений.	Структурированный конспект, Подготовка презентации «История развития мехатроники»,

			«Структура современной мехатроники». Вклад российских ученых и инженеров
2.	Мехатронные модули и их классификация	Мехатронные модули и их классификация	Проработка лекционного материала Поиск информации по дополнительным вопросам, оформление результатов.
3.	Структура мехатронных модулей	Структура мехатронных модулей	Проработка лекционного материала Поиск информации по дополнительным вопросам, оформление результатов.
4	Кинематическая точность мехатронных модулей	Кинематическая точность мехатронных модулей	Проработка лекционного материала Поиск информации по дополнительным вопросам, оформление результатов.
5	Основы конструирования технических объектов и мехатронных модулей	Лабораторная работа 1	Обработка и оформление результатов лабораторных работ, разработка проектного задания, подготовка к защите.
6	Электродвигатели	Лабораторные работы 2 - 6	Обработка и оформление результатов лабораторных работ, разработка проектного задания, подготовка к защите.
7	Преобразователи движения	Лабораторные работы 7 - 10	Обработка и оформление результатов лабораторных работ, разработка проектного задания, подготовка к защите.
8	Тормозные устройства	Лабораторные работы 11	Обработка и оформление результатов лабораторных работ, разработка проектного задания, подготовка к защите.
9	Направляющие	Лабораторные работы 12 - 15	Обработка и оформление результатов лабораторных работ, разработка проектного задания, подготовка к защите.
10	Информационные устройства	Лабораторные работы 16-19	Обработка и оформление результатов лабораторных работ, разработка проектного задания, подготовка к защите.
11	Надежность мехатронных модулей	Лабораторные работы 20	Обработка и оформление результатов лабораторных работ, разработка проектного задания, подготовка к защите.

## **6. Промежуточная аттестация по дисциплине (модулю)**

### **6.1. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

#### **Промежуточная аттестация**

Промежуточная аттестация может быть выставлена двумя способами:

- в соответствии с результатами балльно-рейтинговой аттестации в течение семестра
- или по результатам сдачи зачета.

Зачет представляет собой устный ответ по вопросам с демонстрацией практических навыков в области конструирования мехатронных модулей.

### Вопросы к зачету

1. Классификация мехатронных модулей.
2. Этапы проектирования машин, стадии разработки; требования к деталям. Оптимизация при конструировании.
3. Структурный анализ механизмов мехатронных модулей.
4. Структурный синтез механизмов мехатронных модулей.
5. Основные критерии работоспособности и расчета деталей и влияющие на них факторы.
6. Надежность машин. Основные термины и определения.
7. Основные направления повышения надежности и долговечности деталей машин.
8. Машиностроительные материалы и пути их экономии, допускаемые напряжения.
9. Роль стандартизации и унификации в машиностроении. Взаимозаменяемость. Точность
10. Технологичность и экономичность конструкции узлов и деталей машин.
11. Этапы конструирования мехатронных модулей Основы методики конструирования мехатронных модулей. Техническое задание.
12. Анализ взаимосвязей мехатронного модуля с внешним окружением Разработка технических требований
13. Предварительное конструирование основных частей мехатронного модуля. Разработка вариантов эскизной компоновки мехатронного модуля.
14. Чертеж эскизной компоновки Компактность конструкции. Чертеж окончательной компоновки
15. Конструирование с использованием систем автоматизированного проектирования.
16. Типы и стадии разработки конструкторской документации.
17. Зубчатые передачи: общие сведения, достоинства и недостатки, область применения. Параметры и конструкция зубчатых колес.
18. Геометрия и кинематика, расчет цилиндрических эвольвентных зубчатых колес.
19. Конические зубчатые передачи: область применения, достоинства и недостатки. Силы, действующие в коническом зацеплении
20. Геометрические расчеты конических зубчатых передач, понятие о приведенном зубчатом колесе.
21. Червячные передачи: назначение, область применения, достоинства и недостатки. Классификация червячных передач. Геометрия червячных передач
22. Скорость скольжения и КПД в червячной передаче. Материалы, применяемые для изготовления червячных передач. Силы, действующие в червячном зацеплении.
23. Тепловой расчет червячных редукторов.
24. Зубчатые механизмы: редукторы и мультипликаторы, коробки скоростей, планетарные и волновые механизмы.
25. Фрикционные передачи и вариаторы. Общие вопросы конструирования. Расчеты фрикционных передач.
26. Передача «винт-гайка» скольжения и качения, устройство и назначение, расчет винтов и гаек.
27. Ременные передачи: применение, достоинства и недостатки. Кинематика ременной передачи. Основные параметры ременной передачи. Материалы ремней.
28. Силы и напряжения в ременной передаче. Силы, действующие на валы передачи. Расчеты ременных передач.
29. Назначение, классификация, конструкция, условия работы, материалы и упрочняющая обработка валов и осей.

30. Расчет осей на статическую прочность.
31. Проверочный расчет валов на сопротивление усталости. Расчет валов на жесткость.
32. Назначение и классификация опор валов и осей.
33. Подшипники скольжения: конструкция, достоинства и недостатки, область применения. Материалы и смазка подшипников скольжения.
34. Расчеты подшипников скольжения с полусухим или с полужидкостным трением.
35. Расчеты подшипников скольжения с жидкостным трением.
36. Подшипники качения: достоинства и недостатки, область применения. Материалы и упрочняющая обработка. Конструкция, классификация и маркировка подшипников качения.
37. Подшипники качения: условия работы, виды повреждений, критерии работоспособности и расчета. Расчет подшипников качения на долговечность.
38. Назначение, классификация и основные параметры муфт. Общая методика подбора муфт. Последовательность изучения муфт.
39. Шаговые двигатели: назначение, принцип работы, способы комутации. Управление.
40. Серводвигатели: назначение, принцип работы. Управление
41. Электродвигатели постоянного тока: назначение, принцип работы. Управление
42. Механические тормозные устройства Электромагнитные фрикционные тормозные устройства
43. Датчики информации: Датчики положения и перемещения
44. Датчики информации: Датчики скорости
45. Датчики информации: Датчики определения расстояния, уровня освещения, цвета

## 6.2. Критерии оценивания компетенций

Таблица 4

Карта критериев оценивания компетенций

№ п/п	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций, соотнесенные с планируемыми результатами обучения	Оценочные материалы	Критерии оценивания
1 2	УК–1 - Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	Знает базовые компоненты и особенности их применения в мехатронных и робототехнических системах	Задания лабораторных работ 1 - 20 Тесты. Вопросы к зачету.	<i>Пороговый уровень:</i> может выполнять работы под контролем преподавателя. <i>Базовый уровень:</i> может выполнять работы по поставленным задачам самостоятельно. <i>Повышенный:</i> готов демонстрировать высокий уровень компетенции в условиях моделирования учебно-производственных задач
Знает стандарты оформления конструкторской (ЕСКД) и технической (ЕСТД) документации.		Задания лабораторных работ Задания самостоятельной работы Вопросы к зачету		
Умеет читать и оформлять техническую документацию в соответствии со стандартами ЕСКД и ЕСТД		Задания лабораторных работ		
Может осуществлять		Задания		

		поиск и оценку информации, необходимой для проектирования и разработки модулей мехатронных и робототехнических систем	лабораторных работ Задания самостоятельной работы	
3	ОПК-8 - Способен осуществлять педагогическую деятельность на основе специальных научных знаний	Знает специфику командной проектной деятельности в области технических наук	Задания лабораторных работ	<i>Пороговый уровень:</i> может выполнять работы под контролем преподавателя.
		Может организовывать командное взаимодействие в процессе проектирования и разработки деталей и модулей мехатронных и робототехнических модулей и устройств	Задания лабораторных работ	<i>Базовый уровень:</i> может выполнять работы по поставленным задачам самостоятельно. <i>Повышенный:</i> готов продемонстрировать решение практических работ в условиях учебно-производственного процесса

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

### 7.1 Основная литература:

1. Сергеев А. П. Мехатроника: курс лекций / А. П. Сергеев, В. А. Улексин. - Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2019. - 220 с. - URL: <https://znanium.com/read?id=357334> – Режим доступа: по подписке ТюмГУ.

### 7.2. Дополнительная литература:

1. Сторожев В.В. Системотехника и мехатроника технологических машин и оборудования / Сторожев В.В., Феоктистов Н.А. - Москва: Дашков и К, 2018. - 412 с. - URL: <https://znanium.com/read?id=7472> – Режим доступа: по подписке ТюмГУ.
- 2 Проектирование экономических и технических систем: Учебное пособие / А.М. Афонин, В.Е. Афонина, Ю.Н. Царегородцев, С.А. Петрова. - Москва : Форум, 2011. - 128 с. – URL: <https://znanium.com/read?id=124175> Режим доступа: по подписке ТюмГУ.

### 7.3. Интернет-ресурсы

1. <http://ru.wikipedia.org> – Википедия.
2. [https://bigenc.ru/technology\\_and\\_technique/text/4138417](https://bigenc.ru/technology_and_technique/text/4138417) - Большая российская энциклопедия: Мехатроника.
3. <https://www.elec.ru/> - Электротехнический интернет-портал.
4. <https://habr.com/ru/post/410601/> - Сайт сообщества IT-специалистов
5. <http://myrobot.ru/> - Мой робот: роботы, робототехника, микроконтроллеры
6. <https://tmn.ligarobotov.ru/> - Федеральная сеть секций робототехники и программирования

### 7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. Электронно-библиотечная система издательства «Лань» – URL: <https://e.lanbook.com/> Режим доступа: по подписке ТюмГУ.
2. Электронно-библиотечная система Znanium.com – URL: <https://znanium.com/> Режим доступа: по подписке ТюмГУ.
3. IPR BOOKS – URL: <http://www.iprbookshop.ru/> Режим доступа: по подписке ТюмГУ.
4. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU – URL: <https://www.elibrary.ru/defaultx.asp> Режим доступа: по подписке ТюмГУ.
5. Межвузовская электронная библиотека (МЭБ) – URL: <https://icdlib.nspu.ru/> Режим доступа: по подписке ТюмГУ.
6. Национальная электронная библиотека (НЭБ) – URL: <https://rusneb.ru/> Режим доступа: по подписке ТюмГУ.
7. Ивис – URL: <https://dlib.eastview.com/> Режим доступа: по подписке ТюмГУ.
8. Библиотека ТюмГУ – URL: <https://library.utmn.ru/>

#### **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Интернет, доступ в информационно-образовательную среду ТюмГУ, включающую в себя доступ к учебным планам и рабочим программам, к изданиям электронной библиотечной системы и электронным образовательным ресурсам.

При выполнении лабораторных работ в качестве информационных технологий используется следующее программное обеспечение:

- Microsoft Word.
- Microsoft Excel.
- Microsoft Power Point.
- Microsoft Teams – интернет-приложение, корпоративная платформа для организации рабочего пространства в дистанционном режиме на основе чата в глобальном облаке Office 365.
- при выполнении лабораторных работ в качестве информационных технологий используется программное обеспечение с открытой лицензией IDE, Autodesk Fusion 360
- локальная сеть
- программы для просмотра видеороликов

#### **9. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

**Мультимедийная учебная аудитория семинарского типа № 301 на 20 посадочных мест, с компьютерным классом на 15 рабочих мест для проведения лекционных, практических (лабораторных) занятий** оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием:

**15+1 ПК** (Dell 3060-7601: Intel Core i5 8500T 2,1 ГГц; DDR4 8 ГБ; SSD 256 ГБ; Dell SE2216H: 1920x1080; 21,5 дюйма; MS Windows 10; MS Office 2010), **интерактивная доска** (SmartBoard SBX885: 16:10; 188x117 см; 87 дюймов), **проектор** (SMART V25: 1024x768; 2000 лм)

На ПК установлено следующее программное обеспечение: Офисное ПО: операционная система MS Windows, офисный пакет MS Office, платформа MS Teams, офисный пакет LibreOffice, антивирусное ПО Dr. Web.

Обеспечено проводное подключение ПК к локальной сети и сети Интернет.

**Лабораторное оборудование:** комплект Интернет вещей Robotics Sensor Station IoT Set (вкл. ТХТ и блок питания.), базовый конструктор "ПервоРобот NXT"(9 шт.), квадрокоптер

Walkera GR Y100+ видеочамера iPhone, квадрокоптер Parrot AR Drone 2.0 Power Edition Area 2 (2 шт.), Коммутатор Eltex MES2324 (4 шт.), набор "Возобновляемый источник энергии" (5 шт.), набор базовый робототехнический LEGO MINDSTORMS EV3 4554 (8 шт.), электронные планы Ардуино (12 шт.), набор Амперка, набор «Йодо» (10 шт.), Конструктор Tetrix (4 шт.).

**Мультимедийная учебная аудитория семинарского типа № 309** на 20 посадочных мест, для проведения практических (лабораторных) занятий оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием:

**ПК** (Intel Core 2 Duo E4500 2,2 ГГц; DDR2 4 Гб; HDD 250 Гб; LG flatron L1752S: 1280x1024; 17 дюймов; MS Windows 10; MS Office 2010), **9 ноутбуков** (Dell Inspiron srs premium: Intel Core i7 -2670QM 2,2 ГГц DDR3 4 Гб; HDD 640 Гб), **ЖК-панель** (LG 50PM670S 50: 1920x1080; 50 дюймов)

На ПК установлено следующее программное обеспечение:

— Офисное ПО: операционная система MS Windows, офисный пакет MS Office, платформа MS Teams, офисный пакет LibreOffice, антивирусное ПО Dr. Web.

Обеспечено проводное подключение ПК к локальной сети и сети Интернет.

**Лабораторное оборудование:** штамповочный пресс с транспортером 24В без контроллера; 3D манипулятор 24В без контроллера; Промышленная автоматизация 2018; Автоматический вертикальный склад; конвейер с двумя постами обработки; Производственная линия с пневмоприводом; Технологический участок с печью; Манипулятор с вакуумным захватным устройством; Сортировочный конвейер с датчиком света; стойка управления СТ350 с контроллером SIMATIC S7-1214C (8 шт.).

**Мультимедийная учебная аудитория семинарского типа № 311** на 24 рабочих места с компьютерным классом на 15 рабочих мест для проведения индивидуальных и групповых консультаций, для самостоятельной работы оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием:

**15+1 ПК** (Dell 3060-7601: Intel Core i5 8500T 2,1 ГГц; DDR4 8 Гб; SSD 256 Гб; Dell SE2216H: 1920x1080; 21,5 дюйма; MS Windows 10; MS Office 2010), **проектор** (Epson EB-980W: 1280x800; 3800 лм), **экран** (16:10)

На ПК установлено следующее программное обеспечение:

— Офисное ПО: операционная система MS Windows, офисный пакет MS Office, платформа MS Teams, офисный пакет LibreOffice, антивирусное ПО Dr. Web.

Обеспечено проводное подключение ПК к локальной сети и сети Интернет.