

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич  
Должность: врио ректора  
Дата подписания: 26.10.2023 15:40:58  
Уникальный программный ключ:  
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»

Утверждаю:

Руководитель ООП:

С.М. Дудаков

«30» 03 2023 года



Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)  
**ДЕТАЛИ МЕХАТРОННЫХ МОДУЛЕЙ, РОБОТОВ  
И ИХ КОНСТРУИРОВАНИЕ**

Направление подготовки  
15.03.06 МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА

Профиль подготовки  
Интеллектуальное управление в мехатронных и робототехнических системах

Для студентов 4-го курса

Форма обучения – очная

Составитель:

д.ф.-м.н., профессор К.М. Зингерман \_\_\_\_\_

Тверь, 2023

## **I. Аннотация**

### **1. Цели и задачи дисциплины:**

Целью освоения дисциплины является:

Изучение теоретических основ и получение практических навыков проектирования и конструирования деталей, механизмов мехатронных модулей, роботов и робототехнических комплексов.

Задачами освоения дисциплины являются:

Заложить основу для развития профессиональных и личностных навыков студента; сформировать набор базовых знаний (теоретическая подготовка), необходимых для решения стандартных задач в процессе конструирования деталей мехатронных модулей и роботов; развить навыки проектирования и расчета деталей и узлов роботов и мехатронных модулей; закрепить взаимосвязь между теоретическими законами и практическими методами проектирования и эксплуатации деталей роботов и мехатронных модулей.

### **2. Место дисциплины в структуре ООП**

Данная дисциплина относится к разделу 4 обязательной части Блока 1.

Предварительные знания и навыки: Основой для освоения дисциплины являются знания, получаемые в рамках дисциплины «Теоретическая механика», «Гидроавтоматика и электропневмоавтоматика мехатронных и робототехнических систем», «Теория автоматического управления», «Электротехника», «Электроника и схемотехника», «Основы мехатроники», «Инженерная графика».

#### **Дальнейшее использование:**

Освоение данной дисциплины обеспечивает успешную подготовку выпускной квалификационной работы, способствует успешному изучению других специальных инженерных дисциплин. Полученные в ходе изучения дисциплины знания используются в научно-исследовательской работе, учебной и производственной практике.

### **3. Объем дисциплины: 3 зачетные единицы, 108 академических часов, в том числе:**

**контактная аудиторная работа:** лекции 10 часа, в т. ч. практическая подготовка 0 часа, практические занятия 20 часов, в т. ч. практическая подготовка 0 часа;

**контактная внеаудиторная работа:** контроль самостоятельной работы \_\_\_ 0 \_\_\_, в том числе курсовая работа \_\_\_ 0 \_\_\_;

**самостоятельная работа: 78 часа, в том числе контроль 36 часов.**

### **4. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Демонстрирует знания основ математики, физики, вычислительной техники и программирования ОПК-1.2 Демонстрирует навыки использования знаний физики и математики для решения задач теоретического и прикладного характера
ОПК-4 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-4.1 Применяет средства современных информационных, компьютерных и сетевых технологий, прикладное программное обеспечение при моделировании технологических процессов ОПК-4.2 Применяет средства современных информационных, компьютерных и сетевых технологий, прикладное программное обеспечение при моделировании основных узлов и агрегатов мехатронных устройств и робототехнических систем ОПК-4.3 Применяет средства современных информационных, компьютерных и сетевых технологий, прикладное программное обеспечение при моделировании электрических, гидравлических и пневматических
ОПК-5 Способен работать с нормативно-технической документацией, связанной с профессиональной деятельностью, с учетом стандартов, норм и правил	ОПК-5.2 Выполняет чертежи мехатронных и робототехнических изделий с требованиями к точности и качеству изготавливаемой продукции ОПК-5.3 Демонстрирует навыки работы со справочной литературой, соблюдает требования стандартов, норм и правил
ОПК-6 Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и	ОПК-6.1 Проводит поиск решения стандартных задач с помощью подходящей технической, справочной литературы и нормативных документов, применяя

<p>библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий</p>	<p>информационно-коммуникационные технологии ОПК-6.2 Использует полученные знания для решения поставленных задач</p>
<p>ОПК-9 Способен внедрять и осваивать новое технологическое оборудование</p>	<p>ОПК-9.1 Анализирует документацию, описывающую технологическое оборудование ОПК-9.2 Демонстрирует знание основных характеристик технологического оборудования мехатронных и робототехнических систем, знает правила эксплуатации технологического оборудования</p>
<p>ОПК-11 Способен разрабатывать и применять алгоритмы и современные цифровые программные методы расчетов и проектирования отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием, разрабатывать цифровые алгоритмы и программы управления робототехнических систем</p>	<p>ОПК-11.1 Применяет датчики различных типов для обработки информации в мехатронных и робототехнических системах</p>
<p>ОПК-12 Способен участвовать в монтаже, наладке, настройке и сдаче в эксплуатацию опытных образцов мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей</p>	<p>ОПК-12.1 Демонстрирует знание принципа действия и технико-экономических характеристик мехатронных и робототехнических систем ОПК-12.2 Демонстрирует знание конструктивных особенностей и назначения мехатронных и робототехнических систем, правил их эксплуатации</p>

	<p>ОПК-12.3 Демонстрирует знание методик испытаний оборудования мехатронных и робототехнических систем</p> <p>ОПК-12.4 Выполняет монтаж и наладку средств автоматизации, механизации, контроля и диагностики технологических процессов мехатронных и робототехнических систем</p> <p>ОПК-12.5 Использует инструмент, оборудование и приборы для наладки мехатронных и робототехнических систем</p>
<p>ОПК-13 Способен применять методы контроля качества изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности</p>	<p>ОПК-13.1 Демонстрирует знание основ технических измерений, способов контроля качества продукции, принципов нормирования точности и обеспечения взаимозаменяемости деталей и сборочных единиц</p> <p>ОПК-13.2 Использует контрольно-измерительное оборудование, приборы и инструменты для определения качества изделий и объектов</p> <p>ОПК-13.3 Демонстрирует навыки обработки экспериментальных данных и оценки точности измерений, испытаний и достоверности контроля</p>
<p>ПК-1 Способен участвовать в качестве исполнителя в научно-исследовательских разработках новых робототехнических и мехатронных систем</p>	<p>ПК-1.2 Разрабатывает экспериментальные макеты управляющих, информационных и исполнительных модулей мехатронных и робототехнических систем и проводит их экспериментальное исследование с применением современных информационных технологий</p>
<p>ПК-2 Способен проектировать мехатронные и робототехнические системы</p>	<p>ПК-2.2 Разрабатывает конструкторскую и проектную документацию механических, электрических и электронных узлов мехатронных и робототехнических систем в соответствии с имеющимися стандартами и техническими условиями</p> <p>ПК-2.3 Участвует в проведении предварительных испытаний составных частей опытного образца мехатронной или робототехнической системы по заданным программам и методикам и ведёт соответствующие журналы испытаний</p>

--	--

**5. Форма промежуточной аттестации:** экзамен 8 семестр.

**6. Язык преподавания** русский.

**II. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

**1. Для студентов очной формы обучения**

Учебная программа – наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)		Самост. работа (час.)
		Лекции	Практические работы	
Введение. Методы выбора оптимальных решений. Показатели качества	11	1	2	8
Основы взаимозаменяемости	11	1	2	8
Основы структурного, кинематического и динамического анализа механизмов	14	2	2	10
Расчет и проектирование передач	14	0	4	10
Валопроводы	11	1	2	8
Общие и частные правила конструирования	11	1	2	8
Разъемные и неразъемные соединения	12	2	2	8
Свойства композиционных армированных материалов	12	2	2	8
Документация проектирования	12	0	2	10
<b>ИТОГО</b>	<b>108</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>78</b>

### **III. Образовательные технологии**

**1. Введение. Методы выбора оптимальных решений. Показатели качества**

Основные понятия. Машины, механизмы, аппараты, приборы. Элементная база машины (механической части машины). Сборочные единицы, детали. Этапы процесса проектирования. Выбор физического принципа действия,

структурный и параметрический синтез. Формирование множества вариантов принципа действия, структур, параметров объекта проектирования. Методы выбора оптимальных решений. Техническое задание и показатели качества. Расчеты на прочность по допускаемым напряжениям. Расчетные и предельные напряжения, коэффициенты запаса. Расчетная схема. Требования к расчетной схеме. Примеры расчетных схем – звено, стержень (балка), пластина и оболочка, массивное тело. Расчетные схемы опор. Понятие отказа. Виды отказов механических систем: остаточные (пластические) деформации; хрупкое разрушение; разрушение в результате накопления усталостных повреждений, механического износа, деформаций ползучести; потеря устойчивости; значительные упругие перемещения; резонансные явления. Факторы, влияющие на выбор коэффициента запаса: последствия отказа, изменчивость свойств материалов, неопределенность внешней нагрузки, человеческий фактор, точность расчета.

## **2. Основы взаимозаменяемости**

Обеспечение взаимозаменяемости элементов конструкций. Точность изготовления по геометрическим признакам. Единая система допусков и посадок. Номинальный размер. Точность размера (поле допуска). Системы отверстий и вала. Отклонения формы и расположения поверхностей. Параметры шероховатости.

## **3. Основы структурного, кинематического и динамического анализа механизмов**

Структура механизмов. Звенья, кинематические пары и их классификация. Кинематические цепи. Методы построения механизмов. Графоаналитические методы исследования положения, скоростей и ускорений точек звеньев. Кинематические диаграммы. Кинематика разомкнутых цепей (манипуляторов). Силы, действующие на звенья механизмов и машин.

## **4. Расчет и проектирование передач**

Постановка задач синтеза механизмов. Стержневые механизмы. Плоские и пространственные зубчатые передачи. Плоское эвольвентное зацепление, его параметры и свойства. Назначение и структура механического привода. Механические передачи. Передачи зацеплением и трением, с жесткими звеньями и с гибкими связями. Зубчатые передачи. Классификация зубчатых передач. Основные причины отказов зубчатых передач (накопление усталостных повреждений в поверхностном слое и в объеме зуба), расчетные схемы. Предельные и допускаемые напряжения. Особенности червячных передач. Материалы. Основные механические характеристики. Силы в

зацеплении цилиндрических, конических, червячных передач. Алгоритмы проектировочного и проверочных расчетов. Тепловой расчет червячной передачи. Планетарные и волновые передачи. Основные схемы, кинематика, особенности расчета.

## **5. Валопроводы**

Валопроводы (валы, подшипники, муфты). Назначение валов и осей. Конструктивные исполнения. Виды отказа (накопление усталостных повреждений, пластические деформации, низкая жесткость, резонансные явления). Проектный и проверочные расчеты (прочность, жесткость, отстройка от резонанса). Назначение и классификация подшипников. Подшипники скольжения. Расчет в режиме полужидкостного трения. Типы подшипников качения. Смазка подшипников. Расчет подшипников качения по динамической грузоподъемности. Посадка подшипников. Назначение и классификация муфт. Муфты глухие, компенсационные и предохранительные. Расчет предохранительных муфт.

## **6. Общие и частные правила конструирования**

Общие и частные правила конструирования. Рациональное конструирование. Сборка. Масса и компактность конструкции. Повышение прочности и жесткости конструктивными методами.

## **7. Разъемные и неразъемные соединения**

Виды соединений для передачи крутящего момента: шпоночные, зубчатые (шлицевые), с натягом по цилиндрическим и коническим поверхностям. Резьбовые соединения. Основные виды крепежных резьбовых изделий. Расчет стыка для разных случаев приложения нагрузки. Общие характеристики заклепочных, сварных, паяных и клеевых соединений. Соединения деталей с натягом. Цилиндрические соединения с натягом. Способы соединения: запрессовкой, нагревом или охлаждением, гидрозакрепкой. Определение необходимого натяга для обеспечения прочности сцепления и проверка прочности соединяемых деталей.

## **8. Свойства композиционных армированных материалов**

Структура и свойства композиционных армированных материалов на основе полимерной матрицы. Особенности технологии и проектирования элементов конструкций из композиционных материалов.

## **9. Документация проектирования**

Технический проект. Рабочие чертежи деталей.

## 2. Для студентов заочной формы обучения

Не предусмотрено.

Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Типовые задания для практических занятий, домашней работы и рейтингового контроля
2. Правила прохождения промежуточной аттестации
3. Примерный список вопросов на экзамен
4. Примерный вариант задач для экзамена
5. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы

## IV. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

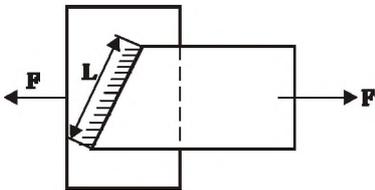
**1. Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности компетенции ПК-2** Способность разрабатывать экспериментальные макеты управляющих, информационных и исполнительных модулей мехатронных и робототехнических систем и проводить их экспериментальное исследование с применением современных информационных технологий

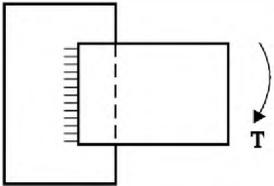
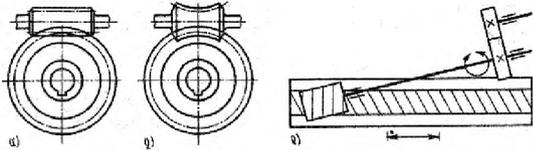
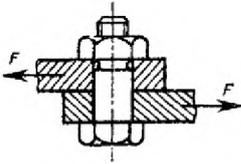
<b>Уровень формирования компетенции, в котором участвует дисциплина</b>	<b>Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков</b>	<b>Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала оценивания</b>
<b>Продвинутый, владеть</b>	<p>1. У цилиндрического прямозубого колеса число зубьев равно <math>z=50</math>, высота зуба <math>h=3.375</math> мм. Определите диаметры <math>d_1</math>, <math>d_{a1}</math>, <math>d_{f1}</math>?</p> <p>2. Две стальные полосы стянуты двумя болтами, установленными без зазора, и нагружены сдвигающей силой <math>F=2</math>кН. Материал болтов сталь 20,</p>	<p>Полностью корректно выполненное задание – 10 баллов.</p> <p>Выполнена лишь одна часть задания – 5 баллов.</p>

	[ $\tau_{ср}$ ]=60 МПа. Определить диаметр болтов.	
Продвинутый, уметь	<p>1. Для передачи роликковой цепью с шагом 25,4 мм подобрать числа зубьев звездочек и определить оптимальное межосевое расстояние, если передаточное число <math>u=4</math>?</p> <p>2. Укажите диапазон значений для выбора модуля в косозубой цилиндрической передаче, если делительный диаметр шестерни равен 20 мм, передаточное число равно 3.</p>	<p>Корректно выполненное задание – 5 баллов.</p> <p>Ход решения верный, но допущены ошибки в расчетах – 2.5 балла.</p>
Продвинутый, знать	<p>1. Какие вам известны нагрузки, действующие на детали машин, в зависимости от изменения во времени?</p> <p>1) циклические и динамические;</p> <p>2) статические и нестационарные;</p> <p>3) статические и циклические.</p> <p>2. Расположите в последовательности по мере убывания диаметры зубчатого цилиндрического колеса, нарезаемого с положительным смещением.</p> <p>1) <math>d_{a2}</math>, <math>d_{f2}</math>, <math>d_{w2}</math>, <math>d_2</math>, <math>d_{b2}</math></p> <p>2) <math>d_{a2}</math>, <math>d_{w2}</math>, <math>d_2</math>, <math>d_{f2}</math>, <math>d_{b2}</math></p> <p>3) <math>d_{a2}</math>, <math>d_{w2}</math>, <math>d_2</math>, <math>d_{b2}</math>, <math>d_{f2}</math></p>	<p>Правильное определение – 1 балл.</p> <p>Правильное обоснование с выводом всех формул – 5 баллов.</p>

	<p>3. Назовите исходные данные, необходимые для проектирования механического привода:</p> <p>1) крутящие моменты на валах редуктора;</p> <p>2) передаточное число привода и условия эксплуатации;</p> <p>3) мощность технологической машины и частота вращения вала исполнительного механизма.</p>	
--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

**2. Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности компетенции ПК-1** Способность разрабатывать конструкторскую и проектную документацию механических, электрических и электронных узлов мехатронных и робототехнических систем в соответствии с имеющимися стандартами и техническими условиями

Уровень формирования компетенции, в котором участвует дисциплина	Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков	Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала оценивания
Продвинутой, владеть	<p>1. Найти длину косого шва, если <math>K = 7 \text{ мм}</math>, <math>F = 5 \cdot 10^3 \text{ Н}</math>, <math>[\tau] = 50 \text{ МПа}</math></p> 	<p>Полностью корректно выполненное задание – 10 баллов.</p> <p>Выполнена лишь одна часть задания – 5 баллов.</p>
Продвинутой, уметь	<p>1. Найти момент <math>T</math>, действующий на лобовой сварной шов, если: <math>W = 6 \cdot 10^3 \text{ мм}^3</math>, <math>[\tau] = 50 \text{ МПа}</math></p>	<p>Корректно выполненное задание – 5 баллов.</p> <p>Ход решения верный, но</p>

		допущены ошибки в расчетах – 2.5 балла.
Продвинутый, знать	<p>1. Какая червячная передача является цилиндрической?</p>  <p>1) а); 2) б); 3) в).</p> <p>2. Как определить по формуле ход резьбы?</p> 	<p>Правильное определение – 1 балл.</p> <p>Правильное обоснование с выводом всех формул – 5 баллов.</p>

## V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 1) Рекомендуемая литература

#### а) Основная литература:

1. Компоненты приводов мехатронных устройств : учебное пособие. - Тамбов : 2014. - [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=277916>
2. Рыбак Л.А. Роботы и робототехнические комплексы [Электронный ресурс]: учебное пособие. - 2013.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/28394>. ЭБС «IPRbooks»

#### б) Дополнительная литература

1. Балабко Л. В. Численные методы : учебное пособие. - Архангельск : САФУ, 2014. - [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=436331>

### 2) Программное обеспечение

Компьютерный класс факультета прикладной математики и кибернетики № 4а (170002, Тверская обл., г.Тверь, Садовый переулок, д.35)	
Adobe Acrobat Reader DC - Russian	бесплатно
Adobe Media Player	бесплатно
Cadence SPB/OrCAD 16.6	Государственный контракт на поставку лицензионных программных продуктов 103 - ГК/09 от 15.06.2009
Google Chrome	бесплатно

Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows	Акт на передачу прав ПК545 от 16.12.2022
Lazarus 1.4.0	бесплатно
LEGO MINDSTORMS EV3	бесплатно
Mathcad 15 M010	Акт предоставления прав ИС00000027 от 16.09.2011;
MATLAB R2012b	Акт предоставления прав № Us000311 от 25.09.2012;
Многофункциональный редактор ONLYOFFICE бесплатное ПО	бесплатно
ОС Linux Ubuntu бесплатное ПО	бесплатно
MSXML 4.0 SP2 Parser and SDK	бесплатно
Python 3.7.8 (64-bit)	бесплатно
Microsoft SQL Server 2016 LocalDB	бесплатно
Unreal Commander v3.57x64	бесплатно
Visual Studio Enterprise 2019	Акт на передачу прав №785 от 06.08.2021 г.
7-Zip 19.00 (x64 edition)	бесплатно

<b>Компьютерный класс факультета прикладной математики и кибернетики № 46 (170002, Тверская обл., г.Тверь, Садовый переулок, д.35)</b>	
Adobe Acrobat Reader DC - Russian	бесплатно
Apache Tomcat 8.0.27	бесплатно
Cadence SPB/OrCAD 16.6	Государственный контракт на поставку лицензионных программных продуктов 103 - ГК/09 от 15.06.2009
GlassFish Server Open Source Edition 4.1.1	бесплатно
Google Chrome	бесплатно
Java SE Development Kit 8 Update 45 (64-bit)	бесплатно
JetBrains PyCharm Community Edition 4.5.3	бесплатно
JetBrains PyCharm Edu 3.0	бесплатно
Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows	Акт на передачу прав ПК545 от 16.12.2022
Lazarus 1.4.0	бесплатно
Mathcad 15 M010	Акт предоставления прав ИС00000027 от 16.09.2011
MATLAB R2012b	Акт предоставления прав № Us000311 от 25.09.2012
Многофункциональный редактор ONLYOFFICE бесплатное ПО	бесплатно
ОС Linux Ubuntu бесплатное ПО	бесплатно
MiKTeX 2.9	бесплатно
MSXML 4.0 SP2 Parser and SDK	бесплатно
NetBeans IDE 8.0.2	бесплатно
NetBeans IDE 8.2	бесплатно
Notepad++	бесплатно
Oracle VM VirtualBox 5.0.2	бесплатно
Origin 8.1 Sr2	договор №13918/M41 от 24.09.2009 с ЗАО «СофтЛайн Трейд»
Python 3.1 pygame-1.9.1	бесплатно
Python 3.4 numpy-1.9.2	бесплатно
Python 3.4.3	бесплатно
Python 3.5.1 (Anaconda3 2.5.0 64-bit)	бесплатно
WCF RIA Services V1.0 SP2	бесплатно
WinDjView 2.1	бесплатно
R Studio	бесплатно
Anaconda3 2019.07 (Python 3.7.3 64-bit)	бесплатно

3) Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. ЭБС «ZNANIUM.COM» [www.znanium.com](http://www.znanium.com);
2. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <https://biblioclub.ru/>;
3. ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com>.

4) Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины  
Интернет-университет <http://www.intuit.ru>

#### **VI. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины**

##### **1. Типовые задания для практических занятий, домашней работы и рейтингового контроля**

##### **Примерная тематика заданий для практических занятий и домашней работы**

- Передачи винт-гайка.
- Передачи с трением скольжения. Области применения. Силы, действующие в передаче. КПД и явление самоторможения.
- Передачи с трением качения: шариковые и роликовые. Области применения. Конструкция. Особенности расчета.
- Червячные передачи. Основные понятия и определения. Области применения. Классификация червячных передач.
- Передачи с цилиндрическим червяком и передачи с глобоидным червяком.
- Червячные редукторы. Схемы, конструкции. Тепловой расчет. Искусственное охлаждение.
- Цепные передачи. Классификация приводных цепей. Стандарты.
- Конструкция основных типов приводных цепей. Шарниры качения. Области применения цепных передач в машиностроении. Основные характеристики.
- Критерии работоспособности цепных передач и исходные положения для расчета. Натяжение ветвей. Несущая способность и подбор цепей. Учет факторов.
- Переменность передаточного отношения цепных передач. Динамические нагрузки. КПД. Нагрузка на валы. Цепные вариаторы.
- Зубчато-ременные передачи. Области применения. Материалы и конструкция зубчатых ремней и шкивов. Определение параметров и расчет.
- Ременные передачи. Основные характеристики. Области применения. Разновидности ременных передач. Основные типы и материалы ремней. Упругое скольжение и кинематика передачи. КПД.

- Шкивы ременных передач, материалы и конструкция. Сила начального натяжения и способы натяжения ремней. Силы, действующие на валы от ременной передачи.
- Клиновые вариаторы. Бесступенчатые передачи - вариаторы.
- Фрикционные передачи и вариаторы. Классификация. Области применения. Общие эксплуатационные характеристики. Геометрическое и упругое скольжение. Буксование. Устройства для прижатия друг к другу тел качения.
- Передачи для постоянного передаточного отношения, цилиндрические, желобчатые и конические, постоянно работающие, выключаемые и включаемые.
- Оси и валы. Классификация валов и осей. Конструкции и материалы. Требования к валам.
- Нагрузки на валы и расчетные схемы. Расчет на прочность, на жесткость, колебаний. Крутильные и изгибные колебания валов.. Критическая скорость вращения валов. Гибкие валы.
- Подшипники. Области применения. Классификация.
- Подшипники качения. Общие сведения. Конструкция, классификация. Характеристики.
- Контактные напряжения в подшипнике. Распределение нагрузки между телами качения. Потери на трение и кинематика подшипников. Подбор подшипников.
- Подшипники скольжения. Общие сведения. Область применения. Особенности. Режимы работы.
- Гидростатические подшипники. Газовые гидродинамические подшипники. Магнитные подшипники.
- Основные параметры подшипников. Виды выхода из строя подшипников. Критерии работоспособности и расчета.
- Способы смазывания подшипников. Уплотнения подшипников. Уплотнительные устройства.
- Конструкции подшипников скольжения. Регулирование зазоров. Сегментные подшипники. Подшипниковые материалы. Вкладыши.
- Классификация соединений. Основные характеристики.
- Сварные соединения и их роль в машиностроении. Основные типы соединений дуговой сваркой: Расчет на прочность .Допускаемые напряжения. Особенности конструирования.
- Паяные соединения, припой. Методы пайки. Достоинства и области применения паяных соединений. Конструирование и прочность паяных соединений.
- Клеевые соединения в машиностроении. Вид клеев. Прочность. Клеерезьбовые, клеезаклепочные и клеесварные соединения.
- Заклепочные соединения. Область их применения. Классификация. Прочность.

- Резьбовые соединения. Основные определения. Классификация. Резьба и ее элементы.
- Крепежные детали и типы соединений. Материалы крепежных деталей. Силы и моменты. Способы стопорения резьбовых деталей. Взаимодействие между винтом и гайкой. Прочность.
- Групповые резьбовые соединения. Выбор запасов прочности и допускаемых напряжений в зависимости от условий работы, материала, технологии изготовления и монтажа.
- Конструкторские и технологические мероприятия по повышению выносливости винтов.
- Фрикционно-винтовые (клеммовые) соединения. Конструктивные исполнения. Области применения клеммовых соединений и их роль в современном машиностроении.
- Соединения типа вал-ступица.
- Соединения деталей с натягом. Области их применения в машиностроении. Несущая способность. Прочность сопрягаемых деталей. Технология сборки
- Соединения коническими кольцами. Конструкция и расчет.
- Шпоночные соединения. Основные типы шпонок. Области применения. Стандарты на шпоночные соединения. Расчет шпоночных соединений. Допускаемые напряжения.
- Зубчатые (шлицевые) соединения. Области применения. Прямобоочные соединения. Способы центрирования. Эвольвентные и треугольные соединения. Торцовые шлицевые соединения.
- Профильные соединения. Области применения и несущая способность соединений.
- Штифтовые соединения. Соединения цилиндрическими и коническими штифтами. Области применения и расчет на прочность.
- Упругие элементы. Классификация. Материалы.
- Муфты для соединения валов. Классификация муфт. Компенсирующая, амортизирующая и демпфирующая способность муфт.
- Постоянные муфты. Глухие, упругие и компенсирующие. Конструкции и расчет.
- Сцепные управляемые муфты. Включение и выключение муфт.
- Муфты трения. Классификация по форме рабочих поверхностей и механизмам управления. Динамика включения. Выбор материалов. Механизмы управления.
- Электромагнитные порошковые муфты. Обгонные муфты. Конструкции и расчет. Центробежные муфты
- Самоуправляемые муфты. Предохранительные муфты с разрушающимися элементами, пружинно-кулачковые и фрикционные. Особенности конструкции и расчет..

- Корпуса механизмов. Конструкция корпусов из заготовок. Выбор оптимальных форм сечений, систем ребер и перегородок. Особенности конструирования литых и сварных деталей.
- Понятие качества изделия. Требования к качеству. Стандарты качества в машиностроении.
- Понятие о надежности и долговечности. Случайные и закономерные отказы. Пути повышения надежности. Неразрушающие методы контроля состояния деталей и обеспечение контролепригодности конструкции.
- Основы проектирования и реализации сложных сборочных конструкции. Модульный принцип проектирования. Макетирование и моделирование сборочных конструкций.
- 55. Тестирование работоспособности узлов и сборочных конструкций. Ввод в эксплуатацию. Жизненный цикл изделий.

### Примерный вариант заданий для контрольных работ

1. Перечислите критерии работоспособности деталей машин.
  - 1) прочность, жесткость, износостойкость, теплостойкость, виброустойчивость;
  - 2) прочность, надежность, экономичность, износостойкость, технологичность;
  - 3) надежность, долговечность, виброустойчивость, экономичность, эстетичность.
2. Определите межосевое расстояние цилиндрической прямозубой передачи, если  $z_1 = 25$ ;  $u=4$ ;  $m=2$  мм.
  - 1) 100 мм; 2) 125 мм; 3) 150 мм.
3. При проектировании зубчатых колес величину модуля  $m$  выбирают по формуле
  - 1)  $m=(0,01...0,02) a_w$
  - 2)  $m=b_w/a_w$
  - 3)  $m=(0,05...0,10) a_w$
4. Что такое упругое скольжение в фрикционных передачах?
  - 1) вид скольжения, при котором ведомый каток останавливается, а ведущий скользит по нему; 2) вид скольжения, связанный с упругими деформациями в зоне контакта; 3) вид скольжения, связанный с неравенством скоростей на площадке у ведущего и ведомого катков
5. Назовите достоинство червячной передачи:
  - 1) плавность зацепления и бесшумность работы; 2) высокий КПД ; 3) передача больших мощностей
6. Основные виды разрушений рабочих поверхностей фрикционных передач:
  - 1) усталостное изнашивание, износ и задир поверхности; 2) усталостное изнашивание и поломка зубьев; 3) износ и потеря жесткости катков
7. Муфта свободного хода является:
  - 1) предохранительной; 2) компенсирующей; 3) самоуправляемой
8. Твердость стальных зубчатых колес  $HV < 350$  достигается термообработкой?

1) цементацией;      2) закалкой ТВЧ;      3) улучшением;      4) нормализацией.

9. Вкладыш опоры скольжения изготавливают из?

1) меди;    2) бронзы;    3) стали.

10. Центробежная муфта:

1) соединяет валы когда угловая скорость превысит некоторую величину; 2) передает крутящий момент только в одном направлении; 3) разъединяет валы при перегрузках

## **2. Правила прохождения промежуточной аттестации**

Для успешной сдачи экзамена студент должен:

- Успешно сдать промежуточный контроль, представляющий собой две контрольные работы по тематике упражнений, перечисленных выше.
- Ответить на устные вопросы и решить ряд письменных упражнений (в ходе экзамена) по тематике учебной программы.

## **3. Примерный список вопросов на экзамен**

- Изделия машиностроения. Деталь, сборочная единица (узел), механизм, машина.
- Классификация деталей машин по назначению.
- Основные требования к деталям машин. Возможность реализации их в конструкции.
- Основные принципы конструирования деталей машин.
- Основные требования к материалам деталей и пути их обеспечения при конструировании. Главные критерии работоспособности деталей машин.
- Виды нагрузок, действующих на детали машин. Типовые режимы нагружения.
- Модели разрушений деталей и критерии их расчета. Особенности расчета по этим критериям при статических и переменных нагрузках.
- Учет динамических нагрузок. Коэффициент динамичности.
- Назначение и структура механического привода. Основные характеристики привода.
- Классификация передач. Контактные напряжения и контактная прочность.
- Зубчатые эвольвентные передачи. Основные понятия и классификация. Материалы. Виды упрочнений.
- Причины и виды выхода из строя зубчатых передач, критерии их работоспособности. Модификация (корригирование) зубчатых передач.

- Цилиндрические зубчатые передачи с прямыми и косыми зубьями. Распределение нагрузки в зубчатых зацеплениях. Концентрация нагрузки. Динамическая составляющая нагрузки.
- Учет переменности режима работы и срока службы. Расчетная нагрузка. Расчеты на контактную, на прочность при изгибе. Напряжения.
- Конические зубчатые передачи с прямолинейными и круговыми зубьями. Основные сведения из геометрии конических зацеплений. Особенности расчета на прочность.
- Последовательность проектирования зубчатой передачи. Допускаемые напряжения при расчете на прочность. Конструкции зубчатых колес. Многоступенчатые зубчатые механизмы. Разбивка общего передаточного числа между ступенями.
- Редукторы. Коробки зубчатых передач. Смазывание зубчатых зацеплений и смазочные материалы.
- Передачи с круговинтовым зацеплением М.Л.Новикова с одной и двумя линиями зацепления. Области применения. Расчеты.
- Планетарные передачи. Основные схемы. Силы, действующие в передаче. Особенности расчета.
- Волновые передачи. Кинематика и геометрия зацепления. КПД. Конструкция элементов. Расчет на прочность. Материалы и допускаемые напряжения.

#### 4. Примерный вариант задач для экзамена

1. Какие вам известны нагрузки, действующие на детали машин, в зависимости от изменения во времени?

- 1) циклические и динамические; 2) статические и нестационарные; 3) статические и циклические.

2. Какой вид напряжений рассчитывают при установке калиброванных болтов в отверстие из-под развёртки при приложении поперечной силы?

- 1)  $\sigma_p$ ;                      2)  $\tau_{cp}$ ;                      3)  $\sigma_u$

3. Как определить по формуле ход резьбы?

- 1)  $S_1=S*Z$ ; 2)  $S_1=S/Z$ ;                      3)  $S_1=S+Z$ ;

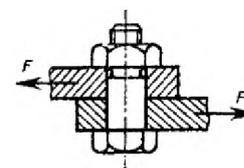
4. Расположите в последовательности по мере убывания диаметры зубчатого цилиндрического колеса, нарезаемого с положительным смещением.

- 1)  $d_{a2}$ ,  $d_{f2}$ ,  $d_{w2}$ ,  $d_2$ ,  $d_{b2}$   
 2)  $d_{a2}$ ,  $d_{w2}$ ,  $d_2$ ,  $d_{f2}$ ,  $d_{b2}$   
 3)  $d_{a2}$ ,  $d_{w2}$ ,  $d_2$ ,  $d_{b2}$ ,  $d_{f2}$

5. Какие силы действуют в зацеплении косозубых колес?

- 1) окружная  $F_t$  и радиальная  $F_r$ ;                      2) радиальная  $F_r$ , окружная  $F_t$ , осевая  $F_a$

3) осевая  $F_a$  и окружная  $F_t$



6. Какие из перечисленных механических передач относятся к передачам с гибкой связью.

1) зубчатые и цепные; 2) цепные и ременные; 3) фрикционные и ременные.

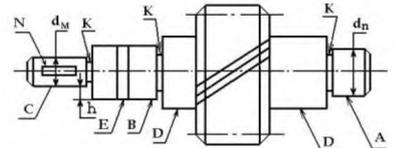
7. Какие из перечисленных механических передач относятся к передачам с зацеплением.

1) зубчатые и цепные; 2) цепные и ременные; 3) фрикционные и ременные.

8. Укажите назначение ступеней А и В на входном валу.

1) для установки подшипников; 2) для установки колес;

3) свободные поверхности.



9. Для чего применяются подшипники?

1) для направления вращения валов и вращающихся осей;

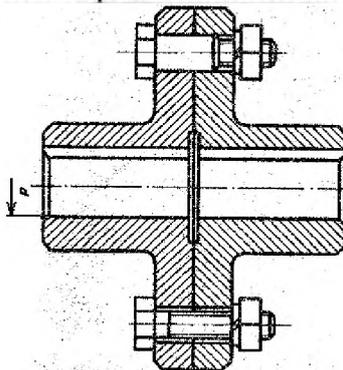
2) служат в качестве опор для валов и осей;

3) для передачи крутящего момента.

10. К каким соединениям относятся шпоночные соединения?

1) разъемные соединения; 2) неразъемные соединения; 3) условно разъемные.

11. Представленная на рисунке муфта является



1) втулочной; 2) фланцевой; 3) фрикционной.

12. Назовите исходные данные, необходимые для проектирования механического привода:

1) крутящие моменты на валах редуктора; 2) передаточное число привода и условия эксплуатации; 3) мощность технологической машины и частота вращения вала исполнительного механизма.

13. Определите крутящий момент на промежуточном валу 2<sup>х</sup> ступенчатого редуктора, если известны  $T_{дв} = 30 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ;  $i_{рем} = 2,0$ ;  $\eta_{рем} = 0,9$ ;  $U_B = 5,0$ ;  $U_T = 4,0$ ;  $\eta_{зубч} = 0,9$ :

1) 243 Н·м; 2) 190 Н·м; 3) 135 Н·м.

14. Где расположена ведущая ветвь клинового ремня в горизонтальной передаче, вращающейся по часовой стрелке.

1) вверху; 2) внизу 3) не имеет значения где.

15. Для передачи роликовой цепью с шагом 25,4 мм подобрать числа зубьев звездочек и определить оптимальное межосевое расстояние, если передаточное число  $u=4$ ?

1)  $a=700\text{мм}$ ;  $z_1=30$ ;  $z_2=100$ ; 2)  $a=2000\text{мм}$ ;  $z_1=25$ ;  $z_2=80$ ; 3)  $a=1000\text{мм}$ ;  $z_1=25$ ;  $z_2=100$ .

16. Определите число зубьев колеса цилиндрической прямозубой передачи, если  $d_1=80\text{мм}$ ;  $m=4\text{ мм}$ ;  $u=5$ .

1)  $z_2=100$ ; 2)  $z_2=80$ ; 3)  $z_2=120$ .

17. Ширина зубчатого венца  $b_w$  прямозубого цилиндрического колеса составляет 30 мм, число зубьев равно 60. Найдите делительный диаметр колеса?

18. Укажите диапазон значений для выбора модуля в косозубой цилиндрической передаче, если делительный диаметр шестерни равен 20 мм, передаточное число равно 3.

19. У цилиндрического прямозубого колеса число зубьев равно  $z=50$ , высота зуба  $h=3.375\text{ мм}$ . Определите диаметры  $d_1$ ,  $d_{a1}$ ,  $d_{f1}$ ?

20. Две стальные полосы стянуты двумя болтами, установленными с зазором, и нагружены сдвигающей силой  $F=0.5\text{кН}$ . Материал болтов сталь 20,  $[\sigma_p]=80\text{ МПа}$ , коэффициент трения  $f=0.15$ , коэффициент запаса по сдвигу  $k=1.5$ . Определить внутренний диаметр резьбы болтов?

21. Две стальные полосы стянуты двумя болтами, установленными без зазора, и нагружены сдвигающей силой  $F=2\text{кН}$ . Материал болтов сталь 20,  $[\tau_{cp}]=60\text{ МПа}$ . Определить диаметр болтов?

## 5. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы

Организуя свою учебную работу, студенты должны, во-первых, выявить рекомендуемый режим и характер учебной работы по изучению теоретического курса, практическому применению изученного материала, по выполнению заданий для самостоятельной работы, по использованию информационных технологий и т.д. Во-вторых, ознакомиться с указанным в методическом материале по дисциплине перечнем учебно-методических изданий, рекомендуемых студентам для подготовки к занятиям и выполнения самостоятельной работы, а также с методическими материалами на бумажных и/или электронных носителях, выпущенных кафедрой своими силами и предоставляемые студентам во время занятий.

Самостоятельная работа студентов, предусмотренная учебным планом, должна соответствовать более глубокому усвоению изучаемого курса, формировать навыки исследовательской работы и ориентировать студентов на умение применять теоретические знания на практике.

### 1. Работа с учебными пособиями.

Для полноценного усвоения курса студент должен, прежде всего, овладеть основными понятиями этой дисциплины. Необходимо усвоить определения и понятия, уметь приводить их точные формулировки, приводить примеры объектов, удовлетворяющих этому определению. Кроме того, необходимо

знать круг фактов, связанных с данным понятием. Требуется также знать связи между понятиями, уметь устанавливать соотношения между классами объектов, описываемых различными понятиями.

## *2. Самостоятельное изучение тем.*

Самостоятельная работа студента является важным видом деятельности, позволяющим хорошо усвоить изучаемый предмет и одним из условий достижения необходимого качества подготовки и профессиональной переподготовки специалистов. Она предполагает самостоятельное изучение студентом рекомендованной учебно-методической литературы, различных справочных материалов, написание рефератов, выступление с докладом, подготовку к лекционным и практическим занятиям, подготовку к зачёту и экзамену.

## *3. Подготовка к практическим занятиям.*

При подготовке к практическим занятиям студентам рекомендуется следовать методическим рекомендациям по работе с учебными пособиями, приведенным выше.

## *4. Составление конспектов.*

В конспекте отражены основные понятия темы. Для наглядности и удобства запоминания используются схемы и таблицы.

## *5. Подготовка к зачету / экзамену.*

При подготовке к зачету / экзамену студенты должны использовать как самостоятельно подготовленные конспекты, так и материалы, полученные в ходе лекций. Для получения зачета по дисциплине необходимо набрать минимум 50 баллов в течение семестра (минимальная оценка – удовлетворительно), в противном случае зачет считается не сданным. Экзамен студенты могут сдавать в виде теста, письменной контрольной работы или устного ответа по вопросам, представленным в данной программе. Для получения положительной оценки на экзамене необходимо продемонстрировать знания, не ниже базового (минимального) уровня. Процедура оценивания знаний, умений, владений (умений применять) и (или) опыта деятельности обучающихся по дисциплине производится в рамках балльно-рейтинговой системы, включая рубежную и текущую аттестации. Согласно подходам балльно-рейтинговой системы в рамках оценки знаний, умений, владений (умений применять) и (или) опыта деятельности дисциплины установлены следующие аспекты.

Содержание учебной дисциплины в рамках одного семестра делится на два модуля (периода обучения). По окончании модуля (периода обучения) осуществляется рейтинговый контроль успеваемости знаний студентов.

Сроки проведения рейтингового контроля:

осенний семестр – I рейтинговый контроль успеваемости проводится на 8-9 учебной неделе по графику учебного процесса, II рейтинговый контроль успеваемости – две последние недели фактического завершения семестра по графику учебного процесса;

весенний семестр – I рейтинговый контроль успеваемости проводится на 31-32 учебной неделе по графику учебного процесса, II рейтинговый контроль успеваемости – две последние недели фактического завершения семестра по графику учебного процесса.

Максимальное количество баллов, которое может быть получено в результате освоения дисциплины, составляет 100 баллов. Для дисциплин, заканчивающихся экзаменом, 60 баллов отводится на текущий контроль (например, по 30 баллов на каждый модуль) и 40 баллов на промежуточную аттестацию. Для дисциплин, заканчивающихся зачетом, общее количество баллов делится между первым и вторым модулями (например, по 50 баллов на каждый модуль).

Важной составляющей данного раздела РПД являются требования к рейтинг-контролю с указанием баллов, распределенных между модулями и видами работы обучающихся.

Максимальная сумма баллов по учебной дисциплине, заканчивающейся экзаменом, по итогам семестра составляет 60 баллов (30 баллов - 1-й модуль и 30 баллов - 2-й модуль).

Обучающемуся, набравшему 40–54 балла, при подведении итогов семестра (на последнем занятии по дисциплине) в рейтинговой ведомости учета успеваемости и зачетной книжке может быть выставлена оценка «удовлетворительно».

Обучающемуся, набравшему 55–57 баллов, при подведении итогов семестра (на последнем занятии по дисциплине) в графе рейтинговой ведомости учета успеваемости «Премияльные баллы» может быть добавлено 15 баллов и выставлена экзаменационная оценка «хорошо».

Обучающемуся, набравшему 58–60 баллов, при подведении итогов семестра (на последнем занятии по дисциплине) в графе рейтинговой ведомости учета успеваемости «Премияльные баллы» может быть добавлено 27 баллов и выставлена экзаменационная оценка «отлично». В каких-либо иных случаях добавление премиальных баллов не допускается.

Обучающийся, набравший до 39 баллов включительно, сдает экзамен.

Распределение баллов по модулям устанавливается преподавателем и может корректироваться.

## **VII. Материально-техническое обеспечение**

Для аудиторной работы

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, практических занятий, №201а (170002, Тверская область, г. Тверь, пер. Садовый, д. 35)	Набор учебной мебели, доска маркерная, компьютер, сервер (системный блок), концентратор сетевой.
Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, компьютерный класс №4а (170002, Тверская область, г. Тверь, пер. Садовый, д. 35)	Набор учебной мебели, моноблок, МФУ.
Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, компьютерный класс №4б (170002, Тверская область, г. Тверь, пер. Садовый, д. 35)	Компьютер, экран, проектор, кондиционер.

Для самостоятельной работы

Помещение для самостоятельной работы, компьютерный класс общего доступа 4б (170002, Тверская область, г. Тверь, пер. Садовый, д. 35)	Компьютер, экран, проектор, кондиционер.
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------

**Х. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины**

№ п.п.	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины	Описание внесенных изменений	Дата и протокол заседания кафедры, утвердившего изменения
--------	-------------------------------------------------	------------------------------	-----------------------------------------------------------

1	V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины 2) Программное обеспечение	Внесены изменения в программное обеспечение	От 24.08.2023 года, протокол № 1 ученого совета факультета
---	----------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------	------------------------------------------------------------