

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**

О. С. Витренко

ИНЖЕНЕРНАЯ МЕХАНИКА

Утверждено редакционно-издательским советом ФГБОУ ВО «КГТУ»
в качестве учебно-методического пособия по изучению дисциплины для
студентов, обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки
08.03.01 Строительство

Калининград
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»
2025

УДК 531.1–4

Рецензент:

доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой теории механизмов и машин и деталей машин ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» С. В. Федоров

Витренко, О. С.

Инженерная механика: учеб.-метод. пособие по изучению дисциплины для студ. бакалавриата по напр. подгот. 08.03.01 Строительство / О. С. Витренко – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2025. – 70 с.

В учебно-методическом пособии по изучению дисциплины «Инженерная механика» представлены учебно-методические материалы по освоению тем лекционного курса, включающие подробный план лекции по каждой изучаемой теме, вопросы для самоконтроля, отражены рекомендации и требования для выполнения расчетно-графических работ и практических занятий для направления подготовки 08.03.01 Строительство.

Рис. 21, табл. 3, список лит. – 12 наименований

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины рекомендовано к изданию для использования в учебном процессе методической комиссией института морских технологий, энергетики и строительства 11 декабря 2025 г., протокол № 9

УДК 531.1–4

© Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Калининградский государственный
технический университет», 2025 г.
© Витренко О. С., 2025 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	10
Основные критерии работоспособности и расчета деталей машин. Надежность.	11
Раздел 1. Теоретическая механика	11
Тема 1.1. Введение. Аксиомы статики. Связи.....	11
Тема 1.2. Статика плоской системы сил	12
Тема 1.3. Статика пространственной системы сил.....	13
Тема 1.4. Кинематика точки	14
Тема 1.5. Кинематика поступательного и вращательного движения тела	15
Тема 1.6. Кинематика плоскопараллельного движения	16
Тема 1.7. Сложное движение точки	17
Тема 1.8. Основные теоремы динамики. Принцип возможных перемещений и общее уравнение динамики.....	18
Раздел. 2. Техническая механика.....	21
Тема. 2.1. Общие сведения о механизмах и машинах	21
Тема 2.2. Основные критерии работоспособности и расчета деталей машин.	
Надежность.....	21
Тема 2.3. Структура механизмов и их классификация.....	23
Тема 2.4. Силовой анализ механизма.....	24
Тема 2.5. Зубчатые передачи.....	25
Тема 2.6. Резьбовые соединения	26
Тема 2.7. Заклепочные и сварные соединения	27
Тема 2.8. Шпоночные и шлицевые соединения.....	30
Тема 2.9. Ременные передачи.....	31
Тема 2.10. Цепные передачи	32
Тема 2.11. Валы и оси	33
Тема 2.12. Подшипники	34
Тема 2.13. Муфты. Классификация	35
2 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ.....	37
Тема 1.1. Статика твердого тела. Условия равновесия системы сходящихся сил	39
Тема 1.2. Статика твердого тела. Условие равновесия системы сил, произвольно расположенных в плоскости	41
Тема 1.3. Статика твердого тела. Условия равновесия составной конструкции. Условия равновесия тела под действием пространственной системы	42
Тема 1.4. Способы задания движения точки. Скорость точки. Тангенциальное и нормальное ускорение точки	44
Тема 1.5. Поступательное движение. Кинематика вращательного движения	45
Тема 1.6. Плоскопараллельное движение. Определение скоростей и ускорений точки тела, совершающего плоскопараллельное движение	46
Тема 1.7. Скорость и ускорение точки при сложном движении.....	48
Тема 1.8. Динамика материальной точки. Основной закон динамики точки.....	49
Тема 1.9. Теорема об изменении кинетической энергии механической системы	50
Тема 2.1. Кинематический и силовой расчет привода	52
Тема 2.2. Выбор материала и расчет допускаемых напряжений зубчатых передач	52
Тема 2.3. Проектный расчет передачи	52
Тема 2.4. Проверочный расчет зубчатой передачи	52
Тема 2.5. Расчет сил в зацеплении	52
Тема 2.6. Составление расчетной схемы тихоходного вала.....	53
Тема 2.7. Расчет тихоходного вала на усталостную и статическую прочность	53

Тема 2.8. Чертеж зубчатого колеса.....	53
3 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ	54
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	56
Приложение А	58
Приложение Б.....	60
Приложение В	68

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Инженерная механика» является частью образовательной программы бакалавриата по направлению подготовки 08.03.01 Строительство и изучается студентами очной и очно-заочной форм обучения во втором и третьем семестре.

Содержательно структура дисциплины представлена двумя тематическими блоками (разделами):

Раздел 1. Теоретическая механика (2-й семестр)

Раздел 2. Техническая механика (3-й семестр)

Целью освоения дисциплины «Инженерная механика» раздел «Теоретическая механика» является: приобретение обучающимся необходимого объема фундаментальных знаний в области механического взаимодействия, равновесия и движения материальных тел и механических систем, в том числе строительных конструкций и механизмов.

Целью освоения дисциплины «Инженерная механика» раздел «Техническая механика» является: формирование компетенций обучающегося в области технической механики; ознакомление с современным миром технических систем – машин и машинных агрегатов; классификацией машин; структурными основами кинематического и реального устройства механизмов и машин; основами расчета основных кинематических, силовых и энергетических характеристик машин.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

знать:

- физико-математические постановки основных задач инженерной механики;

- основные понятия и концепции инженерной механики, важнейшие теоремы механики и их следствия, алгоритм применения теоретического аппарата механики к решению прикладных задач;

- основные фундаментальные законы механического движения и механического взаимодействия твердых тел;

- основы методов статического расчета конструкций и их элементов;

- методы оценки прочности и устойчивости основных видов элементов конструкций;

уметь:

- формулировать инженерные и технические задачи, их формализовать, выбирать модели изучаемого механического явления;

- применять основные методы исследования равновесия и движения механических систем, а также типовые алгоритмы такого исследования при решении конкретных задач;

- строить математические модели физических явлений на основе фундаментальных законов механики;

- использовать математический аппарат для решения инженерных задач в области механики;

- выполнять оценку прочности и устойчивости основных видов элементов конструкций;

владеть:

- навыками выбора модели изучаемого механического явления;

- навыками применения основных законов теоретической механики при решении прикладных задач; принципами построения и исследования математических и механических моделей технических систем;

- навыками применения методов математического анализа и фундаментальных законов механики для решения задач инженерной механики;

- основами методов статического расчета, кинематического и динамического анализа;

- навыками выполнения оценки прочности и устойчивости основных видов элементов конструкций.

Дисциплина «Инженерная механика» входит в естественнонаучный и инженерный модуль. Естественнонаучный и инженерный модуль относится к блоку обязательной части.

Дисциплина «Инженерная механика» опирается на компетенции, полученные при изучении дисциплин «Высшая математика», «Физика», «Инженерная компьютерная графика».

Теоретическая механика является базой для получения знаний, умений и навыков при изучении других дисциплин: «Сопротивление материалов и строительная механика», «Основы архитектуры и строительных конструкций», «Технологические процессы и средства механизации в строительстве», «Архитектурно-строительное проектирование зданий и сооружений» и др.

Для оценки результатов освоения дисциплины используются:

- оценочные средства текущего контроля успеваемости;

- оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине.

К оценочным средствам текущего контроля успеваемости *во втором семестре* относятся:

- задания по практическим занятиям [7].

Типовые задания по практическим занятиям *во втором семестре* и примеры их решения приведены в учебно-методическом пособии по практическим занятиям [7].

К оценочным средствам текущего контроля успеваемости в *третьем семестре* относятся:

- расчетно-графическая работа.

Расчетно-графическая работа (РГР). Студенты как очной, так и очно-заочной форм обучения при изучении дисциплины должны выполнить расчетно-графическую работу.

Студенты выполняют расчетно-графическую работу преимущественно в аудиторное время. Задание для выполнения расчетно-графической работы получают в начале третьего семестра. После окончательного выполнения какой-либо части расчетно-графической работы они представляют ее на контрольную проверку преподавателю на занятии или во время запланированных консультаций. В случае правильного выполнения работы учащиеся допускаются к экзамену.

Оценка РГР осуществляется по следующим основным параметрам:

- полнота и правильность выполнения заданий;
- аккуратность оформления;
- способность квалифицированно отвечать на вопросы;
- своевременность сдачи.

Более подробно требования к выполнению РГР рассмотрены в соответствующих методических пособиях [12].

Типовое задание на расчетно-графическую работу приведено в приложении А.

Промежуточная аттестация в *втором семестре* проходит в форме зачета, который выставляется по результатам прохождения всех видов текущего контроля успеваемости. В отдельных случаях (при не прохождении всех видов текущего контроля) зачет может быть проведен в виде тестирования. Тестовые задания приведены в фонде оценочных средств (приложение к рабочей программе дисциплины).

К оценочным средствам для промежуточной аттестации, проводимой в форме экзамена в *третьем семестре*, относятся экзаменационные вопросы и тестовые задания (для экзамена). Тестовые задания приведены в фонде оценочных средств (приложение к рабочей программе дисциплины), а также в приложении Б. Список экзаменационных вопросов представлен в приложении В. Экзаменационный билет содержит два теоретических вопроса.

Экзаменационная оценка («отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно») является экспертной, зависит от уровня освоения студентом тем дисциплины (наличия и сущности ошибок, допущенных при ответе на экзаменационные вопросы и решении экзаменационных заданий) и выставляется в соответствии с критериями, указанными в таблице 1.

Таблица 1 – Система оценок и критерии выставления оценки

Система оценок Критерий	2	3	4	5
	0–40 % «неудовлетворительно»	41–60 % «удовлетворительно»	61–80 % «хорошо»	81–100 % «отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
	1	2	3	4
1 Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно-корректно связывать между собой (только некоторые из них может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полнотой знаний и системным взглядом на изучаемый объект
2 Работа с информацией	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи
3 Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта	Не может делать научно-корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять научно-корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задачи	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленные задачи, предлагает новые ракурсы поставленной задачи

Окончание таблицы 1

<i>I</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
4 Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

В данном учебно-методическом пособии представлены методические материалы по изучению дисциплины, включающие тематический план занятий с перечнем ключевых вопросов для каждой лекции, рекомендуемой литературой, методическими указаниями и вопросами для самоконтроля. Изложены методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям.

1 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

«Инженерная механика» формирует у обучающихся готовность к расчету деталей и узлов общемашиностроительного применения у большинства технических специальностей. Осваивая курс, студент получает тот минимум фундаментальных знаний, на базе которых будущий специалист сумеет самостоятельно овладеть всем новым, с чем ему придется сталкиваться в ходе дальнейшего научно-технического прогресса. Изучение инженерной механики способствует расширению кругозора и повышению общей культуры будущего специалиста, развитию его мышления и становлению его мировоззрения.

Приступая к изучению данного курса, рекомендуется придерживаться последовательности, соответствующей тематическому плану, приведенному ниже.

Приходя на очередную лекцию, необходимо обязательно предварительно просмотреть конспект предыдущей лекции. В случае вынужденного пропуска нужно изучить ее самостоятельно, используя список рекомендованных литературных источников, приведенный в данном учебно-методическом пособии. Ответы на возникшие при этом вопросы можно решить с помощью рекомендованной литературы или на консультации у преподавателя.

Тематический план лекционных занятий

Таблица 2 – План лекционных занятий

Номер раздела	Номер темы	Тема лекционного занятия	Объем учебной работы, ч	
			очная форма	очно-заочная форма
1	2	3	4	5
Раздел 1		Теоретическая механика		
	Тема 1.1	Введение. Аксиомы статики. Связи	2	1
	Тема 1.2	Статика плоской системы сил	2	1
	Тема 1.3	Статика пространственной системы сил	2	1
	Тема 1.4	Кинематика точки	2	
	Тема 1.5	Кинематика поступательного и вращательного движения тела	2	1
	Тема 1.6	Кинематика плоскопараллельного движения	2	
	Тема 1.7	Сложное движение точки	2	
	Тема 1.8	Основные теоремы динамики. Принцип возможных перемещений и общее уравнение динамики	2	2
ИТОГО по разделу 1:			16	6

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5
Раздел 2		Техническая механика		
	Тема 2.1	Общие сведения о механизмах и машинах	2	1
	Тема 2.2	Основные критерии работоспособности и расчета деталей машин. Надежность.	2	1
	Тема 2.3	Структура механизмов и их классификация	2	1
	Тема 2.4	Силовой анализ механизма	4	1
	Тема 2.5	Зубчатые передачи	4	1
	Тема 2.6	Резьбовые соединения	2	1
	Тема 2.7	Заклепочные и сварные соединения	4	1
	Тема 2.8	Шпоночные и шлицевые соединения	2	
	Тема 2.9	Ременные передачи	2	1
	Тема 2.10	Цепные передачи	2	1
	Тема 2.11	Валы и оси	2	1
	Тема 2.12	Подшипники	2	1
	Тема 2.13	Муфты. Классификация	2	1
ИТОГО по разделу 2:			32	12
ИТОГО:			48	18

Раздел 1. Теоретическая механика

Тема 1.1. Введение. Аксиомы статики. Связи

Ключевые вопросы темы

1. Цель и задачи дисциплины.
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
3. Планируемые результаты освоения дисциплины.
4. Предмет курса теоретической механики.
5. Основные понятия и определения теоретической механики. Ее разделы.
6. Аксиомы статики.
7. Связи и их реакции.
8. Проекция силы на ось и плоскость.
9. Условие равновесия системы сходящихся сил.

Источники: [1, с. 5–27]

Методические рекомендации

В начале изучения дисциплины «Инженерная механика» необходимо понять ее цели и задачи, место в структуре образовательной программы, планируемые результаты освоения дисциплины.

Дисциплина состоит из двух разделов: «Теоретическая механика» и «Техническая механика».

Первый раздел «Теоретическая механика» состоит из трех подразделов: «Статика», «Кинематика» и «Динамика». Изучение начинается с подраздела «Статика», а именно с основных понятий и определений.

Далее следует ознакомиться с аксиомами статики, разобрать основные виды связей и их реакции. После чего следует рассмотреть, как находится проекция силы на ось, затем на плоскость. Рассмотреть несколько примеров нахождения проекции силы на ось и на плоскость, а также аналитическое и геометрическое условия равновесия системы сходящихся сил. Рассмотреть пример нахождения реакции связи для тела, находящегося под действием системы сходящихся сил.

Вопросы для самоконтроля

1. Что изучает дисциплина «Инженерная механика»?
2. Из каких разделов она состоит?
3. Что изучает подраздел «Статика»?
4. Что в теоретической механике принято называть материальной точкой?
5. Какую величину называют силой? Чем она характеризуется?
6. Что в теоретической механике называют связью? Как определяется направление реакции связи?
7. Какую систему называют сходящейся системой сил?
8. Условие равновесия плоской системы сходящихся сил.
9. Сформулируйте основные аксиомы статики.

Тема 1.2. Статика плоской системы сил

Ключевые вопросы темы

1. Момент силы относительно точки.
2. Сложение параллельных сил.
3. Пара сил. Условие равновесия пар сил.
4. Система сил, произвольно расположенных на плоскости.

Геометрическая и аналитическая формы условий равновесия сил.

5. Система параллельных сил. Условие равновесия.
6. Приведение плоской системы сил к заданному центру. Теорема Пуансо.
7. Статически определенные и неопределенные задачи.

Источники: [1, с. 27–51]

Методические рекомендации

В рамках данной темы студентам необходимо изучить, что такое момент силы относительно точки, чем он характеризуется, как определяются его направление и величина.

Следует разобраться, как следует складывать параллельные силы, если они направлены в одну сторону и в разные.

Далее следует ознакомиться с понятием «пара сил» и условием равновесия пар сил.

Особое внимание при изучении темы обратить на геометрическую и аналитическую форму условий равновесия сил, произвольно расположенных на плоскости. Необходимо разобраться, как составляются уравнения равновесия для плоской системы произвольно расположенных сил.

Затем перейти к ознакомлению с условием равновесия системы параллельных сил, рассмотреть теорему Пуансо. Завершить изучение данной темы рекомендуется рассмотрением примера задачи по определению неизвестных реакций опор балки, находящейся под действие системы сил, произвольно расположенных в плоскости.

Вопросы для самоконтроля

1. Чем характеризуется момент силы относительно точки? В чем измеряется?
2. По какой формуле определяется величина момента силы относительно точки?
3. Свойства момента силы относительно оси.
4. Что называется парой сил?
5. Как формулируется теорема Пуансо?
6. В чем заключается аналитическая форма условия равновесия сил, произвольно расположенных в плоскости?
7. В чем заключается геометрическая форма условия равновесия сил, произвольно расположенных в плоскости?
8. Условия равновесия произвольной плоской системы сил.

Тема 1.3. Статика пространственной системы сил

Ключевые вопросы темы

1. Теорема Вариньона. Главный вектор. Главный момент.
2. Условие равновесия пространственной системы сходящихся сил.
3. Условие равновесия пространственной системы произвольно расположенных сил.
4. Условие равновесия пространственной системы параллельных сил.
5. Условие равновесия тела, имеющего неподвижную ось.

Источники: [1, с. 32–51].

Методические рекомендации

Перед началом изучения статики пространственной системы сил необходимо ознакомиться с теоремой Вариньона. Затем можно рассмотреть, как составляются уравнения равновесия для пространственной системы сходящихся сил. И после этого можно переходить к рассмотрению условий равновесия системы произвольно расположенных сил в пространстве.

Далее нужно перейти к рассмотрению пространственной системы параллельных сил. Понять, какие уравнения будут входить в условие равновесия, а какие необходимы для определения неизвестных реакций, затем рассмотреть равновесие тела, имеющего неподвижную ось.

Завершить изучение данной темы рекомендуется рассмотрением примера решения задачи по определению неизвестных реакций под воздействием пространственной системы произвольно расположенных сил.

Вопросы для самоконтроля

1. Как изображается по модулю и направлению равнодействующая пространственной системы трех сходящихся сил?
2. Сформулируйте теорему Вариньона.
3. Что является условием равновесия пространственной системы сходящихся сил?
4. Какие уравнения являются условием равновесия пространственной системы произвольно расположенных сил.
5. Какие уравнения являются условием равновесия пространственной системы параллельно расположенных сил.
6. Какие уравнения являются условием равновесия тела, имеющего неподвижную ось, под действием пространственной системы произвольно расположенных сил.
7. Что понимается под главным вектором и главным моментом системы сил?

Тема 1.4. Кинематика точки

Ключевые вопросы темы

1. Способы задания движения точки.
2. Определение скорости точки при различных способах задания движения.
3. Определение ускорения точки при различных способах задания движения.

Источники: [1, с. 70–84].

Методические рекомендации

Начинать изучение данной темы следует с рассмотрения трех способов задания движения точки – естественного, координатного и векторного. Разобраться, как будет записываться закон движения точки при каждом способе.

Затем рассмотреть методику определения скорости движения точки при естественном, координатном и векторном способе.

Далее изучение продолжить нахождением ускорения при трех способах задания движения (векторном, координатном и естественном). Разобрать, какое ускорение называется касательным, а какое нормальным. Как они определяются, куда направлены их векторы.

Завершить изучение данной темы нужно рассмотрением примера нахождения скорости и ускорения точки каждым из способов.

Вопросы для самоконтроля

1. Какой раздел теоретической механики называется кинематикой?
2. Какие способы задания движения точки вы знаете?
3. Как определяется скорость точки при естественном способе задания движения?
4. Как определяется скорость точки при координатном способе задания движения?
5. Как определяется скорость точки при векторном способе задания движения?
6. Как определяется ускорение точки при естественном способе задания движения?
7. Как определяется ускорение точки при координатном способе задания движения?
8. Как определяется ускорение точки при векторном способе задания движения?
9. Формула для определения нормального ускорения точки.
10. Формула для определения тангенциального ускорения точки.

Тема 1.5. Кинематика поступательного и вращательного движения тела

Ключевые вопросы темы

1. Поступательное движение. Закон поступательного движения.
2. Скорость и ускорение при поступательном движении твердого тела.
3. Вращение тела вокруг неподвижной оси. Закон вращательного движения.
4. Линейная скорость и линейное ускорение при вращательном движении твердого тела.

5. Угловая скорость и угловое ускорение при вращательном движении твердого тела.

Источники: [1, с. 84–93]

Методические рекомендации

В рамках данной темы необходимо ознакомиться с поступательным и вращательным движением твердого тела. Начать рекомендуется с изучения поступательного движения.

Рассмотреть, какое движение называется поступательным. Его свойства. Рассмотреть примеры данного вида движения. Узнать, как записывается закон поступательного движения. Как находится скорость и ускорение тела.

Затем перейти к рассмотрению вращательного движения, т. е. вращения тела вокруг неподвижной оси. Рассмотреть примеры данного вида движения. Ознакомиться с законом вращательного движения. При этом рекомендуется уделить внимание вопросу угловой скорости и углового ускорения. Рассмотреть связь скорости и ускорения точки вращающегося тела с характеристиками вращательного движения – угловой скоростью и угловым ускорением. Также необходимо рассмотреть закон равномерного и равнопеременного движения.

Завершить изучение данной темы следует рассмотрением примера решения задачи по определению ускорения точки вращающегося тела.

Вопросы для самоконтроля

1. Какое движение называется поступательным?
2. Как записывается закон поступательного движения?
3. Приведите пример поступательного движения.
4. Какое движение называется вращательным?
5. Как записывается закон вращательного движения?
6. Как вычисляется угловая скорость?
7. Куда направлен вектор угловой скорости?
8. Как определяется угловое ускорение?
9. Куда направлен вектор углового ускорения?
10. Как определяется линейная скорость точки вращающегося тела?
11. Куда направлено нормальное ускорение точки тела, вращающегося вокруг неподвижной оси?
12. Куда направлено тангенциальное ускорение точки тела, вращающегося вокруг неподвижной оси?

Тема 1.6. Кинематика плоскопараллельного движения

Ключевые вопросы темы

1. Определение и закон плоскопараллельного движения.

2. Нахождение скоростей точек при плоскопараллельном движении.
3. Теорема о проекциях скоростей двух точек тела.
4. Мгновенный центр скоростей.
5. Частные случаи определения мгновенного центра скоростей.
6. Нахождение ускорений точек при плоскопараллельном движении.
7. Мгновенный центр ускорений.
8. Частные случаи определения мгновенного центра ускорений.

Источники: [1, с. 93–105]

Методические рекомендации

Рассмотрение данной темы необходимо начинать с рассмотрения определения и закона плоскопараллельного движения.

Следует разобраться, как определяются величина и направление скоростей точек при плоскопараллельном движении. Важно научиться находить положение мгновенного центра скоростей (МЦС) в любой момент времени движения тела.

Рекомендуется рассмотреть частные случаи нахождения мгновенного центра скоростей, несколько примеров нахождения МЦС.

Необходимо также ознакомиться с теоремой о проекциях скоростей двух точек тела, затем рассмотреть, что называется мгновенным центром ускорений. Далее можно переходить к определению ускорений и завершить изучение темы рассмотрением примера решения задачи по определению ускорения точки тела, совершающего плоскопараллельное движение.

Вопросы для самоконтроля

1. Какое движение называется плоскопараллельным?
2. Закон плоскопараллельного движения.
3. Что называют мгновенным центром скоростей?
4. Как определить, где находится МЦС?
5. Как определить скорость точки при плоскопараллельном движении?
6. Что называют мгновенным центром ускорений?
7. Как определить ускорение точки при плоскопараллельном движении?
8. Как определить, где находится МЦУ?

Тема 1.7. Сложное движение точки

Ключевые вопросы темы

1. Относительное, переносное и абсолютное движение точки.
2. Теорема о сложении скоростей.
3. Теорема о сложении ускорений.

4. Теорема Кориолиса.
5. Правило Жуковского.
6. Частные случаи нахождения ускорения Кориолиса.

Источники: [1, с. 112–119]

Методические рекомендации

Изучение данной темы необходимо начинать с изучения понятий относительного, переносного и абсолютного движения. Затем рассмотреть сложное движение точки на примере вращающегося конуса и точки, движущейся по его образующей.

Важно ознакомиться с теоремами о сложении скоростей и ускорений. Понять суть правила Жуковского и научиться применять его при нахождении ускорения Кориолиса.

Необходимо понять физический смысл ускорения Кориолиса и рассмотреть частные случаи его нахождения.

Вопросы для самоконтроля

1. Какое движение называется относительным?
2. Какое движение называется переносным?
3. Какое движение называется абсолютным?
4. Сформулируйте правило Жуковского.
5. Запишите теорему о сложении скоростей при сложном движении точки.
6. Запишите теорему о сложении ускорений при сложном движении точки.
7. В чем заключается физический смысл ускорения Кориолиса?

Тема 1.8. Основные теоремы динамики. Принцип возможных перемещений и общее уравнение динамики

Ключевые вопросы темы

1. Законы динамики (Ньютона).
2. Динамика материальной точки.
3. Моменты инерции тела.
4. Работа силы.
5. Теорема об изменении кинетической энергии точки.
6. Кинетическая энергия системы.
7. Теорема об изменении кинетической энергии системы.
8. Количество движения точки и системы.
9. Импульс силы.
10. Теорема об изменении количества движения.

11. Момент количества движения материальной точки и системы (кинетический момент).
12. Теорема об изменении кинетического момента для точки и системы.
13. Принцип Даламбера для механической системы.
14. Обобщенные координаты и число степеней свободы.
15. Возможные перемещения механической системы. Идеальные связи.
16. Принцип возможных перемещений.
17. Общее уравнение динамики механической системы.

Источники: [1, с. 126–180, 195–211]

Методические рекомендации

Начать погружение в данную тему необходимо с изучения законов динамики (Ньютона).

Далее следует разобрать динамику материальной точки. Особое внимание обратить на две основные задачи точки, а также на дифференциальные уравнения движения свободной и несвободной материальной точки.

Затем можно рассмотреть моменты инерции механической системы относительной точки и оси, а также примеры нахождения моментов инерций некоторых однородных тел (стержня, кольца, диска). Ознакомиться с теоремой Гюйгенса–Штейнера.

После этого можно переходить к изучению работы силы. Необходимо рассмотреть примеры вычисления работы силы тяжести, упругости, трения.

Затем перейти к понятию кинетической энергии. Рассмотреть теорему об изменении кинетической энергии точки и системы. Особое внимание обратить на то, как определяется кинетическая энергия тела, движущегося поступательно, вращающегося вокруг неподвижной оси и совершающего плоскопараллельное движение.

Далее следует ознакомиться с понятием количества движения точки и системы, импульса силы. Рассмотреть теоремы об изменении количества движения, соответственно, точки и системы. Также ознакомиться с теоремой об изменении кинетического момента для точки и системы, рассмотреть принцип Даламбера. Изучить понятие обобщенных координат. При этом необходимо вспомнить, что такое число степеней свободы. Далее нужно изучить, что такое возможные перемещения механической системы и в чем заключается принцип возможных перемещений.

Затем важно разобраться, как составляется общее уравнение динамики в обобщенных координатах. Ознакомиться с понятием обобщенной силы и уравнения Лагранжа.

И завершить изучение данной темы следует рассмотрением примера решения задачи с помощью дифференциального уравнения движения в обобщенных координатах, или уравнения Лагранжа.

Вопросы для самоконтроля

1. Сформулируйте законы динамики.
2. В чем заключается первая задача динамики точки?
3. В чем заключается вторая задача динамики точки?
4. Как определяется момент инерции однородного кольца?
5. Как определяется кинетическая энергия тела при поступательном движении?
6. Как определяется кинетическая энергия тела при вращательном движении?
7. Как определяется кинетическая энергия тела при плоскопараллельном движении?
8. Запишите в аналитическом виде теорему об изменении кинетической энергии системы.
9. Как определяется работа силы?
10. Что называют импульсом силы?
11. В чем заключается принцип Даламбера?
12. Сформулируйте теорему Гюйгенса–Штейнера.
13. Что называют обобщенными координатами?
14. Что такое число степеней свободы?
15. Что называются возможными перемещениями механической системы?
16. Сформулируйте принцип возможных перемещений.
17. Какому числу равно количество дифференциальных уравнений движений системы в обобщенных координатах (уравнений Лагранжа)?

Раздел. 2. Техническая механика

Тема. 2.1. Общие сведения о механизмах и машинах

Ключевые вопросы темы:

1. Основные понятия и определения.
2. Классификация машин.
3. Виды механизмов машин.

Источники: [9, с. 11–21]

Методические рекомендации

Изучение данной темы рекомендуется начать с изучения понятия *машины*.

Рассмотреть классификацию машин с точки зрения выполняемых ею функций. Затем перейти к изучению понятия *механизма* и их видов в зависимости от их функционального назначения.

Несмотря на разницу в функциональном назначении механизмов отдельных видов, в их строении, кинематике и динамике много общего. Поэтому при исследовании механизмов различного назначения применяются общие методы, базирующиеся на основных принципах современной механики. При исследовании машин и механизмов, как правило, мы можем считать жесткие тела, образующие механизмы, абсолютно твердыми, так как перемещения, возникающие от упругих деформаций тел, малы по отношению к перемещениям самих тел и их точек. Если же требуется изучить кинематику и динамику механизмов с учетом упругости звеньев, то для этого, кроме методов теоретической механике, мы должны еще применять методы, излагаемые в сопротивлении материалов, теории упругости и теории колебаний. Если в состав механизма входят жидкые или газообразные тела, то необходимо привлекать к исследованию кинематики и динамики гидромеханику и аэромеханику.

Вопросы для самоконтроля:

1. Дайте определение понятию «машина».
2. Какая цель создания машин?
3. Как классифицируются машины по их функциональному назначению?
4. Что называется механизмом?

Тема 2.2. Основные критерии работоспособности и расчета деталей машин. Надежность

Ключевые вопросы темы:

1. Основные критерии работоспособности деталей машин.

2. Расчеты на прочность. Основные направления повышения прочности изделия.
3. Жесткость. Мероприятия по повышению жесткости.
4. Износстойкость. Мероприятия по уменьшению изнашивания.
5. Теплостойкость.
6. Виброустойчивость.
7. Определение и характеристики надежности.
8. Основные показатели надежности.

Источники: [11, с. 11–24]

Методические рекомендации

Изучение данной темы рекомендуется начать с рассмотрения основных критериев работоспособности деталей машин. Обратить внимание на то, чем обусловлен выбор критерия для расчета. Далее перейти к рассмотрению расчетов по каждому критерию. Важнейшим критерием работоспособности является прочность, т. е. способность детали сопротивляться разрушению или возникновению недопустимых пластических деформаций. Это абсолютный критерий. Ему должны удовлетворять все детали. При изучении прочности, рассмотреть расчеты по номинальным напряжениям, по коэффициентам безопасности и по вероятности безотказной работы. Ознакомиться с основными направлениями повышения прочности изделия. Затем перейти к изучению остальных критериев.

Детали машин должны удовлетворять двум основным показателям: надежности и экономичности.

Надежность – свойство изделия сохранять во времени способность к выполнению требуемых функций в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования. Надежность характеризуют состояниями и событиями.

При изучении данной темы необходимо рассмотреть, какие бывают состояния изделия и события. Обратить особое внимание на такое состояние изделия как, работоспособность. Какими показателями оно оценивается. Далее перейти к изучению основных показателей качества изделия по надежности:

- безотказность
- долговечность
- ремонтопригодность

Вопросы для самоконтроля:

1. Каковы основные критерии работоспособности и расчета деталей машин
2. Чем обусловлен выбор критерия расчета?
3. Каковы основные направления повышения прочности изделия?

4. К каким последствиям приводит нагрев деталей в процессе работы машины?
5. Что следует понимать под надежностью машин и их деталей?
6. Какими состояниями и событиями характеризуют надежность? По каким показателям оценивают надежность?
7. Какое различие между ресурсом и сроком службы? Что понимают под вероятностью безотказной работы?
8. Каковы основные критерии работоспособности и расчета деталей машин? Чем обусловлен выбор критерия для расчета?

Тема 2.3. Структура механизмов и их классификация

Ключевые вопросы темы:

1. Кинематические пары и их классификация.
2. Условные изображения кинематических пар.
3. Кинематические цепи.
4. Механизм и его кинематическая схема.

Источники: [9, с. 21–63]

Методические рекомендации

Изучение данной темы необходимо начать с изучения таких понятий, как кинематическая пара и кинематическая цепь. Что представляет собой кинематическая пара. Проанализировать возможные соединения звеньев. Рассмотреть, какие связи и в каком количестве могут быть наложены на относительное движение звеньев кинематической пары.

Все кинематические пары делятся на классы в зависимости от числа условий связи, налагаемых ими на относительное движение их звеньев. Необходимо рассмотреть правило определения класса кинематической пары. Ознакомиться с классификацией кинематических пар в зависимости от класса и их условными обозначениями. Затем перейти к рассмотрению понятия кинематической цепи. Проанализировать, какие цепи называют простыми, а какие сложными. Рассмотреть примеры простых и сложных кинематических цепей.

Далее можно перейти к изучению таких понятий, как *входное* и *выходное* звено.

Завершить изучение рекомендуется рассмотрением схемы механизма поршневого двигателя. Следует обратить внимание, что кинематическая схема механизма строится в выбранном масштабе с точным соблюдением всех размеров и форм, от которых зависит движение того или другого звена, другими словами, с соблюдением тех размеров и форм, при изменении которых

изменяются положения, скорости и ускорения точек механизма. На кинематической схеме должно быть указано все, что необходимо для изучения движения. Все лишнее, не характерное для движения, должно быть исключено, чтобы не усложнять чертежа.

Вопросы для самоконтроля:

1. Что называют кинематической парой?
2. Какая кинематическая пара называется высшей?
3. Что называют кинематической цепью?
4. Какое звено называют входным, а какое выходным?

Тема 2.4. Силовой анализ механизма

Ключевые вопросы темы:

1. Задачи силового расчета. Силовые факторы в механизме.
2. Статическая определимость кинематической цепи.
3. Методика и порядок силового расчета структурных групп.
4. Силовой расчет входных звеньев.

Источники: [9, с. 203–206, 238–263]

Методические рекомендации

При изучении темы необходимо добиться отчетливого представления о действующих на механизмы силах, которые различаются по своей природе и роли в движении механизма и поэтому делятся на несколько категорий.

1. Движущие силы и моменты. Они обеспечивают движение механизма.

Работа движущих сил за цикл положительна.

2. Силы полезного сопротивления. Это силы, для преодоления которых создана машина. Они приложены к выходным звеньям механизмов. Работа этих сил за цикл отрицательна.

3. Силы вредного сопротивления. Это силы трения в кинематических парах, силы аэродинамического сопротивления и т. п. Работа этих сил за цикл отрицательна.

4. Силы тяжести. Они приложены к центрам тяжести звеньев. Работа сил тяжести за цикл равна нулю.

5. Силы инерции и моменты сил инерции. Возникают во всех случаях, когда звенья движутся непрямолинейно и/или неравномерно. Направлены противоположно соответствующим ускорениям. В общем случае силы инерции

приводятся к главному вектору и главному моменту сил инерции. Работа сил инерции за цикл равна нулю.

6. Реакции в кинематических парах являются внутренними для всего механизма в целом. Определяются при рассмотрении равновесия структурной группы либо звена.

Силовой расчет механизмов проводится для определения реакций в кинематических парах и движущих сил или моментов. Силовой расчёт выполняется на основе принципа д'Аламбера, позволяющего рассматривать подвижные системы, к которым относятся механизмы, как неподвижные, находящиеся в равновесии.

Необходимо помнить, что для выполнения расчета потребуются следующие данные: 1) кинематическая схема механизма и размеры его звеньев; 2) массы и моменты инерции звеньев; 3) внешние силы (силы полезного сопротивления в технологических машинах либо движущие силы в машинах-двигателях).

Вопросы для самоконтроля:

1. Какие виды сил могут действовать на механизм?
2. Как определить величину и направление силы инерции?
3. Какая система в механизмах является статически определимой?
4. Каков порядок выполнения силового анализа?
5. Что из себя представляет план сил?

Тема 2.5. Зубчатые передачи

Ключевые вопросы темы:

1. Принцип действия зубчатой передачи. Область применения. Достоинства и недостатки.
2. Цилиндрические зубчатые передачи.
3. Конические зубчатые передачи.
4. Червячные передачи.

Источники: [10, с. 119–183; 11]

Методические рекомендации

Зубчатые передачи составляют наиболее распространенную и важную группу механических передач. Их применяют в широком диапазоне областей и условий работы: от часов и приборов до самых тяжелых машин. При изучении данной передачи рекомендуется начать с рассмотрения принципа ее действия, классификации по расположению осей, по расположению зубьев, по форме профиля. Также ознакомиться с достоинствами и недостатками зубчатой

передачи по сравнению с другими механическими передачами. Далее перейти к более подробному изучению цилиндрической зубчатой передачи, ее геометрических и кинематических параметров. Рассмотреть силы, действующие в зацеплении. Особенное внимание обратить на контактные напряжения, возникающие в зубьях зубчатых колес, и виды разрушений, связанных с этими напряжениями. Изучить расчет цилиндрических передач на контактную прочность и на прочность при изгибе. Затем по аналогии перейти к рассмотрению конической и червячной передачи.

Вопросы для самоконтроля:

1. Основные геометрические параметры зубчатых передач.
2. Какие виды разрушений связаны с контактным напряжением?
3. Достоинства зубчатой передачи.
4. Какие материалы и виды термической обработки применяют для повышения прочности и долговечности зубчатых передач?

Тема 2.6. Резьбовые соединения

Ключевые вопросы темы:

1. Резьбовые соединения. Их классификация.
2. Основные типы и параметры резьбы.
3. Основные типы крепежных деталей.
4. Расчет резьбовых соединений.
5. Методы изготовления резьб.

Источники: [10, с. 21–54; 11]

Методические рекомендации

Резьбовые соединения представляют собой одну из наиболее распространённых и важных групп разъёмных соединений в машиностроении. Они применяются в самых различных областях – от точных приборов и бытовой техники до тяжёлых машин, строительных конструкций и космической техники, обеспечивая надёжное, прочное и при необходимости многократно разборное соединение деталей. При изучении данной темы рекомендуется начать с рассмотрения принципа действия резьбовых соединений, их классификации по типу профиля (метрическая, дюймовая, трапециевидная, упорная и др.), по назначению (крепёжные и ходовые), по числу заходов, по направлению наклона витка (правая/левая резьба).

Далее необходимо ознакомиться с достоинствами и недостатками резьбовых соединений по сравнению с другими разъёмными (штифтовыми,

шпоночными, заклёточными) и неразъёмными (сварными, клёпаными) соединениями, а также с факторами, влияющими на надёжность соединения: самоторможение, затяжка, люфт, самоотвинчивание.

После этого перейти к детальному изучению крепёжных резьбовых соединений: болтовых, винтовых, шпилечных. Рассмотреть конструктивные особенности крепёжных элементов (болты, гайки, шпильки, винты), их материалы, методы затяжки и контроля натяга. Особое внимание уделить силам, действующим в резьбовом соединении при затяжке и эксплуатации, а также возникающим напряжениям (растяжения, среза, кручения, изгиба).

Изучить явление самоторможения резьбы, условия самосвинчивания и методы предотвращения самоотвинчивания (контргайки, шплинты, пружинные шайбы, резьбовые фиксаторы). Рассмотреть расчёт резьбового соединения на прочность при статической и динамической нагрузке, включая определение предварительной затяжки, коэффициента запаса прочности и влияние внешней нагрузки на распределение усилий в соединении.

В завершение – рассмотреть методы контроля качества резьбы, а также современные тенденции в области резьбовых соединений: использование высокопрочных материалов, резьбовых соединений с предварительным натягом, автоматизированных систем затяжки и резьбовых соединений с интеллектуальным контролем.

Вопросы для самоконтроля:

1. Дайте определение следующим параметрам резьбы: профиль, шаг, ход, угол профиля и угол подъема.
2. Какие различают типы резьбы по профилю, по назначению?
3. Из каких материалов изготавливают резьбовые детали?
4. Назовите достоинства и недостатки резьбовых соединений по сравнению с другими видами разъёмных и неразъёмных соединений.
5. По каким критериям производится расчёт болтового соединения: на прочность, жёсткость, выносливость? Как определяется коэффициент запаса прочности?
6. Какие силы и напряжения возникают в болте при затяжке и под действием внешней осевой нагрузки?

Тема 2.7. Заклепочные и сварные соединения

Ключевые вопросы темы:

1. Конструкции, технология, классификация и область применения заклепочных соединений.
2. Расчёт заклёпочных соединений на прочность и виды разрушений.

3. Материалы заклепок и допускаемые напряжения.
4. Преимущества и недостатки заклёпочных соединений по сравнению с другими типами соединений.
5. Принцип образования и основные методы сварки в машиностроении.
6. Классификация сварных соединений и геометрия сварных швов.
7. Расчет на прочность сварных соединений.
8. Преимущества и недостатки сварных соединений по сравнению с другими типами соединений.

Источники: [10, с. 61–78; 11]

Методические рекомендации

Заклёпочные соединения относятся к группе неразъёмных механических соединений и до сих пор находят применение в ответственных конструкциях, особенно в условиях высоких динамических и вибрационных нагрузок, агрессивных сред или при необходимости обеспечения высокой надёжности без риска самоотвинчивания. Их широко использовали в прошлом в мостостроении, судостроении, авиации и железнодорожном транспорте, а сегодня они сохраняют актуальность в отдельных отраслях, включая ремонт старых конструкций и специальное машиностроение. При изучении данной темы рекомендуется начать с рассмотрения принципа действия заклёпочного соединения – образования неразъёмного соединения за счёт деформации хвостовой части заклёпки при её установке. Ознакомиться с классификацией заклёпок по форме головки (потайные, полупотайные, полукруглые, плоские), по материалу (сталь, алюминиевые сплавы, медь, титан) и по способу клёпки (горячая и холодная).

Далее следует изучить основные типы заклёпочных соединений: нахлесточные и стыковые, а также их конструктивные особенности. Важно обратить внимание на достоинства и недостатки заклёпочных соединений по сравнению с другими неразъёмными (сварными, паяными, kleевыми) и разъёмными (резьбовыми) соединениями.

Особое внимание необходимо уделить геометрическим параметрам соединения. Рассмотреть виды возможных разрушений заклёпочного соединения: срез заклёпки, смятие стенок отверстий в соединяемых листах, разрыв листа в ослабленном сечении, растрескивание материала вокруг отверстий.

Перейти к изучению расчёта заклёпочных соединений на прочность. Изучить методику определения необходимого количества заклёпок и подбора их диаметра в зависимости от передаваемой нагрузки и свойств материалов. Особо рассмотреть работу соединения при переменных нагрузках.

В завершение рекомендуется ознакомиться с современным состоянием применения заклёпочных соединений, сравнить их с аналогами (в первую очередь – с резьбовыми и сварными соединениями), а также рассмотреть области, где они остаются предпочтительными.

Сварные соединения являются одними из наиболее распространённых и технологически эффективных видов неразъёмных соединений, широко применяемых в машиностроении, строительстве, энергетике и транспорте. Благодаря высокой прочности, жёсткости, герметичности и возможности создания лёгких и экономичных конструкций, сварные соединения играют большую роль в машиностроении. При изучении данной темы рекомендуется начать с рассмотрения принципа образования сварного соединения. Ознакомиться с основными видами сварки, используемыми в машиностроении.

Далее следует изучить классификацию сварных соединений по форме и взаимному расположению соединяемых элементов:стыковые, нахлесточные, угловые, тавровые и торцевые. Особое внимание уделить геометрическим параметрам швов: катету углового шва, толщине провара, длине шва и др. Необходимо понимать, как эти параметры влияют на прочность и надёжность соединения.

Важно ознакомиться с достоинствами и недостатками сварных соединений по сравнению с заклёпочными, kleевыми и резьбовыми соединениями: высокая прочность и герметичность, снижение массы конструкции, возможность автоматизации, но также наличие остаточных напряжений, коробление деталей, чувствительность к концентрации напряжений и возможным дефектам (трещины, поры, непровары).

Также необходимо рассмотреть напряжённое состояние в сварных швах при различных видах нагрузки – растяжении, срезе, изгибе, кручении и их сочетаниях. Изучить условия прочности при действии статических нагрузок, научиться определять расчётные напряжения и сравнивать их с допускаемыми.

В завершение следует рассмотреть методы контроля качества сварных соединений.

Вопросы для самоконтроля:

1. В чём заключается принцип образования заклёпочного соединения?
2. Как классифицируются заклёпочные соединения?
3. Назовите основные достоинства и недостатки заклепочных соединений по сравнению с резьбовыми, сварными. В каких условиях они остаются предпочтительными?
4. Какие виды разрушений возможны в заклепочных соединениях?
5. Назовите геометрические параметры заклепочного соединения?
6. Как классифицируются сварные соединения по типу шва?
7. Назовите основные геометрические характеристики углового шва.
8. Какие напряжения возникают в сварных соединениях при действии статических и переменных нагрузок?
9. Какие факторы снижают усталостную прочность сварных соединений?

Тема 2.8. Шпоночные и шлицевые соединения

Ключевые вопросы темы:

1. Классификация шпоночных соединений, их применение.
2. Достоинства и недостатки шпоночных соединений.
3. Критерии работоспособности шпоночного соединения.
4. Классификация шлицевых соединений.
5. Достоинства и недостатки шлицевых соединений.
6. Критерии работоспособности шлицевых соединений.

Источники: [10, с. 91–98; 11]

Методические рекомендации

Шпоночные соединения относятся к группе разъемных соединений, предназначенных для передачи крутящего момента между валом и насаженной на него деталью (например, шкивом, зубчатым колесом, муфтой). Они широко применяются в машиностроении из-за простоты конструкции и сравнительно невысокой стоимости изготовления, легкости монтажа и демонтажа.

При изучении данной темы рекомендуется начать с рассмотрения классификации шпоночных соединений по типу шпонок: призматические, сегментные, клиновые, тангенциальные.

Особое внимание стоит уделить призматическим шпонкам – наиболее распространенному типу. Рекомендуется изучить их геометрические параметры, силы и напряжения, возникающие в шпоночном соединении при передаче крутящего момента. Затем ознакомиться с основными критериями работоспособности шпоночного соединения – расчетом на смятие и на срез. Перейти к изучению материалов шпонок и допускаемым напряжениям.

В завершение ознакомиться с достоинствами и недостатками шпоночных соединений по сравнению с другими разъемными (штифтовыми, резьбовыми, заклёпочными) и неразъемными (сварными, клёпаными) соединениями.

Затем перейти к изучению шлицевых соединений. Их области применения, классификации и критериев работоспособности. Рассмотреть их достоинства и недостатки по сравнению с другими разъемными соединениями.

Вопросы для самоконтроля:

1. Основные виды шпоночных соединений, их применение.
2. В чем преимущество шлицевого соединения по сравнению со шпоночным?
3. Критерии работоспособности шлицевых соединений.

Тема 2.9. Ременные передачи

Ключевые вопросы темы:

1. Принцип действия ременной передачи.
2. Классификация ременных передач.
3. Преимущества и недостатки ременных передач.
4. Область применения ременных передач.
5. Основные геометро-кинематические параметры ременной передачи.
6. Основы расчета ременных передач.

Источники: [10, с. 267–293; 11]

Методические рекомендации

Ременная передача является одним из старейших типов механических передач, сохранивших свое значение до последнего времени. Ее относят к видам фрикционных механических передач, широко применяемых в различных отраслях машиностроения благодаря простоте конструкции, плавности работы и способности к амортизации динамических нагрузок.

При изучении данной темы рекомендуется начать с анализа принципа действия ременной передачи, ее классификации по типу ремня (плоский, клиновой, поликлиновой, зубчатый) и по взаимному расположению валов. Следует ознакомиться с основными достоинствами (компенсация перегрузок, низкий уровень шума, простота обслуживания) и недостатками (проскальзывание, ограниченная нагрузочная способность, необходимость натяжения). Далее необходимо перейти к изучению основных кинематических параметров передачи. Особое внимание уделить силам, действующим в ветвях ремня, и условиям сцепления ремня со шкивами. Важно рассмотреть основные виды ремней (износ, усталостное разрушение) и методы их предотвращения. Необходимо ознакомиться с критериями работоспособности ременных передач. Завершить изучение рекомендуется освоением методики проектного и проверочного расчета ременной передачи по тяговой способности и долговечности.

Вопросы для самоконтроля:

1. В чем заключается принцип действия ременных передач?
2. Какие ремни наиболее распространены?
3. В чем заключаются преимущества и недостатки ременных передач?
4. Где применяют ременные передачи?
5. Почему клиновые ремни способны передавать большие нагрузки, чем плоские?

6. Какие напряжения возникают и как влияют на работоспособность передачи и долговечность ремня?

Тема 2.10. Цепные передачи

Ключевые вопросы темы:

1. Принцип действия цепной передачи.
2. Классификация цепных передач.
3. Преимущества и недостатки цепных передач.
4. Область применения цепных передач.
5. Основные геометрико-кинематические параметры цепной передачи.
6. Основы расчета цепных передач.

Источники: [10, с. 293–307; 11]

Методические рекомендации

Цепные передачи представляют собой важный тип механических передач, сочетающий преимущества зубчатых (отсутствие проскальзывания) и ременных (возможность передачи движения на значительные расстояния) передач. Их широко применяют в транспортных средствах (мотоциклы, велосипеды), станках, сельскохозяйственной и другой технике для передачи движения между параллельными валами на значительные расстояния, когда применение зубчатых передач нецелесообразно, а ременных невозможно.

При изучении цепных передач рекомендуется начать с анализа принципа их действия и классификации по типу цепи (приводные, грузовые и тяговые). Необходимо ознакомиться с достоинствами (постоянство передаточного отношения, высокая нагрузочная способность) и недостатками (шум, износ шарниров, необходимость смазки). Особое внимание уделить приводным цепям. Рассмотреть их основные типы (роликовые, втулочные и зубчатые). Далее следует перейти к изучению геометрических и кинематических параметров. Важно рассмотреть основные виды разрушений – усталостное выкрашивание, износ, коррозию и поломку звеньев. Завершить изучение следует освоением методики проектного и проверочного расчёта цепной передачи по критериям износстойкости шарниров и прочности цепи при ударных нагрузках.

Вопросы для самоконтроля:

1. Каковы достоинства и недостатки цепных передач по сравнению с ременными? Где применяют цепные передачи?
2. Какова конструкция роликовой и втулочной цепи?
3. В каких случаях применяют многорядные роликовые цепи?

4. Почему при высоких скоростях рекомендуют применять цепи с малым шагом?
5. Что является основным критерием работоспособности цепных передач? Как выполняют проверку цепи по этому критерию?
6. Что такое коэффициент эксплуатации, от чего он зависит?
7. Чем вызвана необходимость в применении натяжных устройств в цепных передачах? Каковы способы натяжения цепи?
8. Какие способы смазывания применяют в цепных передачах?

Тема 2.11. Валы и оси

Ключевые вопросы темы:

1. Назначение валов и осей и их классификация.
2. Конструктивные особенности валов.
3. Материалы валов и осей.
4. Силы, действующие на вал.
5. Критерии работоспособности валов и осей.
6. Расчёт вала на статическую прочность.
7. Расчёт вала на сопротивление усталости.
8. Расчет вала на жесткость.

Источники: [10, с. 314–316; 11, с. 316–338]

Методические рекомендации

Валы и оси являются одними из основных элементов большинства машин. Вал предназначен для передачи вращающего момента вдоль своей оси, а также для поддержания расположенных на нем деталей и восприятия действующих на эти детали сил. Примером могут служить валы редуктора. При работе вал испытывает действие напряжений изгиба и кручения, а в некоторых случаях дополнительно растяжения или сжатия. Ось только поддерживает установленные на ней детали и воспринимает действующие на эти детали силы. Например, ось железнодорожного вагона.

При изучении данной темы рекомендуется начать с рассмотрения их классификации: по форме геометрической оси, по форме поперечного сечения; по внешнему очертанию поперечного сечения, а также по условным признакам (быстроходные, тихоходные, входной и др.).

Далее следует ознакомиться с основными конструктивными элементами валов и осей: шейками, цапфами, галтелями, проточками, шпоночными и шлицевыми пазами. Изучить материалы валов и осей. Рассмотреть силы, действующие на вал. Затем перейти к критериям работоспособности валов и осей.

Завершить изучение следует освоением методики проектного и проверочного расчёта валов на статическую прочность, на сопротивление усталости и на жесткость.

Вопросы для самоконтроля:

1. Для чего предназначен вал?
2. Почему чаще применяют ступенчатую форму вала?
3. Для чего предназначена ось?
4. Каковы основные критерии работоспособности валов и осей и какими параметрами их оценивают?
5. Почему валы рассчитывают в два этапа: первый – проектировочный расчет, второй – проверочный расчет?
6. Какова цель проектировочного расчета, какой обычно диаметр вала определяют и почему?
7. Какова цель проверочного расчета? Какой параметр при этом определяют?
8. Каковы конструктивные и технологические способы повышения сопротивления усталости валов?
9. Как влияет недостаточная жесткость вала на работу зубчатой передачи, подшипников?

Тема 2.12. Подшипники

Ключевые вопросы темы:

1. Назначение подшипников и их классификация.
2. Подшипники качения. Достоинства и недостатки. Классификация. Распределение сил между телами качения.
3. Подшипники скольжения. Достоинства и недостатки. Классификация.
4. Материалы деталей подшипников.
5. Система условных обозначений.
6. Характер и причины отказов.
7. Практический расчет (подбор) подшипников качения.

Источники: [10, с. 330–366; 11]

Методические рекомендации

Подшипники являются одними из основных элементов большинства машин и механизмов. Они служат опорами для валов и вращающихся осей. Воспринимают радиальные и осевые нагрузки, приложенные к валу, и сохраняют заданное положение оси вращения вала. От качества подшипников в значительной степени зависит работоспособность и долговечность машин.

При изучении данной темы рекомендуется начать с рассмотрения их классификации: по виду трения (подшипники качения и подшипники скольжения), по воспринимаемой нагрузке (радиальные, упорные, радиально-упорные), по конструктивному исполнению (шариковые, роликовые, игольчатые и др.), а также по способу смазки и степени защиты.

Далее следует ознакомиться с основными конструктивными элементами подшипников качения: внутренним и наружным кольцами, телами качения, сепаратором, а также с особенностями конструкций подшипников скольжения – вкладышами, корпусами, системами смазки. Необходимо изучить материалы, применяемые для изготовления подшипников, методы их термообработки и требования к точности изготовления.

Завершить изучение следует выполнением практического расчета подшипников качения.

Вопросы для самоконтроля:

1. Каково назначение подшипников?
2. Назовите достоинства и недостатки подшипников качения.
3. Как классифицируют подшипники по направлению воспринимаемой нагрузки?
4. Каково назначение основных деталей подшипника?
5. Определите тип и числовое значение диаметра отверстия подшипников, имеющих условные обозначения: 408, 2306, 8207, 1209.
6. Сравните подшипники, имеющие условные обозначения: 7206А и 6-7506А.
7. Почему тела качения и кольца подшипников изготавливают с высокой поверхностной твердостью?
8. Укажите характер и причины повреждения подшипников качения.
9. Каковы внешние признаки нарушения работоспособности подшипников?

Тема 2.13. Муфты. Классификация

Ключевые вопросы темы:

1. Назначение муфт и их классификация.
2. Муфты глухие.
3. Муфты компенсирующие жесткие.
4. Муфты упругие.
5. Расчет упругих муфт.

Источники: [10, с. 366–403; 11]

Методические рекомендации

Муфтой называют устройство для соединения концов валов или валов со свободно установленными на них деталями (зубчатыми колесами, шкивами и т.д.). Муфты передают вращающий момент без изменения его значения и направления. Некоторые типы муфт дополнительно могут способствовать снижению в машинах вредных нагрузок, предохранять от перегрузок, включать и выключать исполнительный элемент машины без останова двигателя. Многообразие требований, предъявляемых к муфтам, и различные условия их работы обусловили создание большого количества конструкций муфт.

При изучении данной темы рекомендуется начать с рассмотрения классификации муфт по принципу действия и управления, назначению и конструкции.

Более детально рассмотреть такие распространенные виды муфт, как муфты глухие (втулочная и фланцевая), муфты компенсирующие жесткие (кулачково-дисковая и зубчатая), муфты упругие.

Завершить изучение темы рекомендуется ознакомлением с методикой подбора и расчёта упругих муфт.

Вопросы для самоконтроля:

1. Перечислите признаки классификации муфт.
2. Каково назначение муфт приводов? Какие различают муфты по управляемости?
3. Для каких целей применяют муфты?
4. Достоинства и недостатки глухих муфт, примеры конструкций.
1. Каковы достоинства и недостатки втулочной муфты? В каких условиях ее применяют?
2. Какие функции выполняют упругие муфты?
3. Виды несоосности валов. Какие муфты компенсируют их вредное влияние?

2 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Практические занятия проводятся с целью формирования у студентов знаний, умений и навыков, а также компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО. На занятиях они должны приобрести опыт решения типовых задач статики, кинематики и динамики; получить знания о внешних нагрузках и об отклике механической системы на их действие; приобрести навыки расчета основных кинематических, силовых и энергетических характеристик машин.

Еще одной важной задачей практических занятий является подготовка к выполнению требуемой расчетно-графической работы. В ходе практических занятий студент поэтапно решает задачи, похожие на предлагаемые в расчетно-графической работе.

Ниже представлен краткий план практических занятий с основными вопросами. Подготовку к практическим занятиям можно осуществлять с помощью рекомендованных литературных источников. Более подробно практические занятия рассмотрены в учебно-методическом пособии по практическим занятиям [7; 12].

Тематический план практических занятий

Таблица 3 – План практических занятий

Номер раздела	Номер темы	Тема практического занятия	Объем учебной работы, ч	
			очная форма	очно-заочная форма
1	2	3	4	5
Раздел 1		Теоретическая механика		
	Тема 1.1	Статика твердого тела. Условия равновесия системы сходящихся сил	4	1
	Тема 1.2	Статика твердого тела. Условие равновесия системы сил произвольно расположенных в плоскости	4	2
	Тема 1.3	Статика твердого тела. Условия равновесия составной конструкции. Условия равновесия тела под действием пространственной системы сил	4	1
	Тема 1.4	Способы задания движения точки. Скорость точки. Тангенциальное и нормальное ускорение точки	4	1
	Тема 1.5	Поступательное движение. Кинематика вращательного движения	4	2

Окончание таблицы 3

1	2	3	4	5
	Тема 1.6	Плоскопараллельное движение. Определение скоростей и ускорений точки тела, совершающего плоскопараллельное движение	4	2
	Тема 1.7	Скорость и ускорение точки при сложном движении	4	1
	Тема 1.8	Динамика материальной точки. Основной закон динамики точки	2	1
	Тема 1.9	Теорема об изменении кинетической энергии механической системы	2	1
Итого по разделу 1:			32	12
Раздел 2		Техническая механика		
	Тема 2.1	Кинематический и силовой расчет привода	4	2
	Тема 2.2	Выбор материала и расчет допускаемых напряжений зубчатых передач	4	1
	Тема 2.3	Проектный расчет зубчатой передачи	4	2
	Тема 2.4	Проверочный расчет зубчатой передачи (по контактным напряжениям и напряжениям изгиба)	4	2
	Тема 2.5	Расчет сил в зацеплении	2	1
	Тема 2.6	Составление расчетной схемы тихоходного вала	2	1
	Тема 2.7	Расчет тихоходного вала на усталостную и статическую прочность	4	1
	Тема 2.8	Чертеж зубчатого колеса	4	2
Итого по разделу 2:			32	12
ИТОГО:			64	24

Раздел 1. Теоретическая механика

Общие методические рекомендации по решению задач статики

При решении задач статики рекомендуется выдерживать такую последовательность:

1. Изобразить расчетную схему и воспроизвести исходные данные. На схеме следует указать все внешние силы, включая реакции связей, а также направления координатных осей.
2. Записать уравнения, описывающие равновесие выбранного объекта.
3. Получить выражение для искомых величин в общем виде, максимально упростить их.
4. Подставить числовые выражения и выполнить подсчеты.

5. Записать ответ, с обязательным указанием единиц измерения всех найденных величин.

Тема 1.1. Статика твердого тела. Условия равновесия системы сходящихся сил

Ключевые вопросы

1. Определение проекции силы на ось и плоскость.
2. Составление уравнений равновесия тела под действием плоской системы сходящихся сил.
3. Нахождение неизвестных реакций в опорных стержнях (система сходящихся сил, расположенных в одной плоскости) аналитическим и геометрическим способом.

Источники: [7, с. 5–8]

Общие методические рекомендации по решению задач статики

При решении задач статики рекомендуется выдерживать такую последовательность:

1. Изобразить расчетную схему и воспроизвести исходные данные. На схеме следует указать все внешние силы, включая реакции связей, а также направления координатных осей.
2. Записать уравнения, описывающие равновесие выбранного объекта.
3. Получить выражение для искомых величин в общем виде, максимально упростить их.
4. Подставить числовые выражения и выполнить подсчеты.
5. Записать ответ, с обязательным указанием единиц измерения всех найденных величин.

Примеры задач, рассматриваемых на практическом занятии

Задача 1. Однородный шар (рисунок 1) весом 40Н опирается на две плоскости – наклонную и вертикальную, пересекающиеся под углом $\alpha = 60^\circ$. Определить силу давления шара на наклонную плоскость.

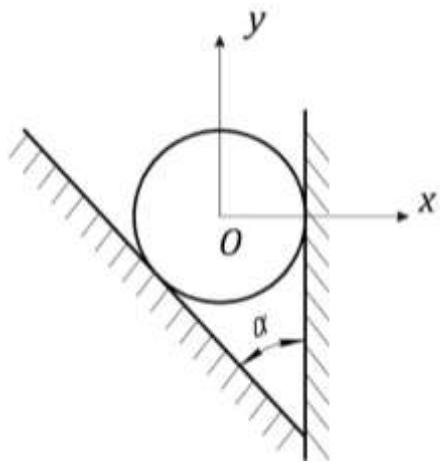


Рисунок 1 – Схема к задаче 1

Задача 2. Найти усилия в опорных стержнях АВ и ВС (рисунок 2) под действием груза весом $G = 16$ кН. Углы: $\alpha = 30^\circ$, $\beta = 45^\circ$. Стержни, блок и трос невесомы.

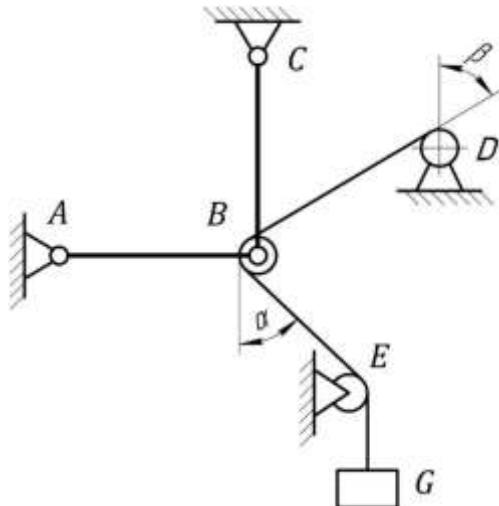


Рисунок 2 – Схема к задаче 2

Задача 3. На шарнирный болт В конструкции, изображенной на рисунке 3 и состоящей из трех невесомых стержней, прикрепленных к вертикальной стенке посредством шарниров, действует сила $F = 8$ кН, которая составляет с координатными осями Ox , Oy , Oz соответственно углы 90° , 30° , 60° . Найти усилия в стержнях при $\alpha = 30^\circ$, $\beta = 30^\circ$, $\gamma = 60^\circ$.

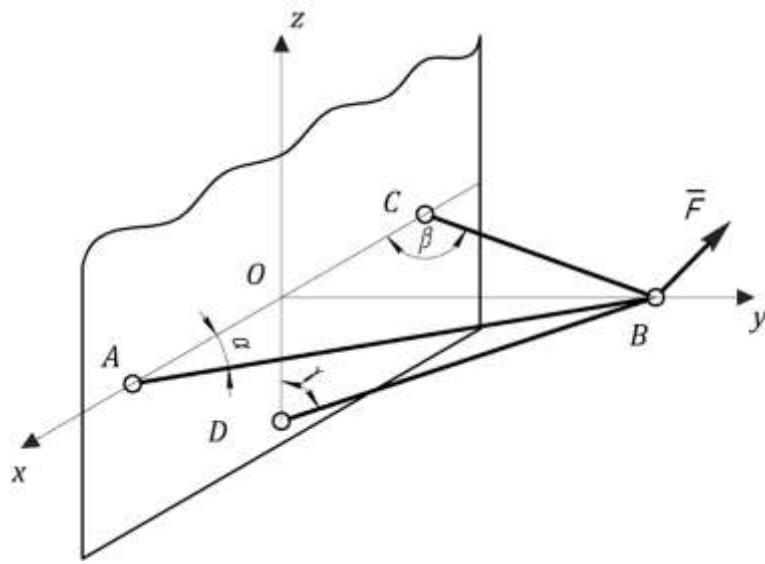


Рисунок 3 – Схема к задаче 3

Тема 1.2. Статика твердого тела. Условие равновесия системы сил, произвольно расположенных в плоскости

Ключевые вопросы

- Составление уравнений равновесия конструкции под действием плоской системы произвольно расположенных сил.
 - Нахождение реакций опор.
- Источники:* [7, с. 8–12]

Примеры задач, рассматриваемых на практическом занятии

Задача 1. Найти реакции опоры для жесткой невесомой конструкции под действием заданных внешних нагрузок (рисунок 4) при $G = 16 \text{ кН}$, $M = 5 \text{ кН} \cdot \text{м}$, $q = 2 \text{ кН}/\text{м}$, $a = 3,0 \text{ м}$, $b = 1,0 \text{ м}$, $\alpha = 60^\circ$.

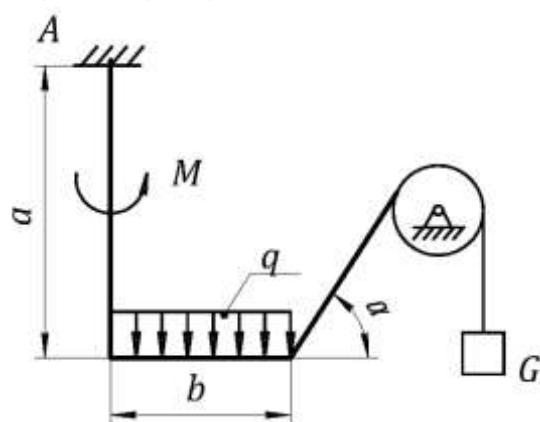


Рисунок 4 – Схема к задаче 1

Задача 2. Найти реакции опор для жесткой невесомой конструкции под действием заданных внешних нагрузок (рисунок 5) при $F = 10 \text{ кН}$, $M = 4 \text{ кН} \cdot \text{м}$, $q_{max} = 3 \frac{\text{kH}}{\text{m}}$, $a = 2,0 \text{ м}$, $b = 3,0 \text{ м}$, $c = 1,0 \text{ м}$, $\alpha = 30^\circ$.

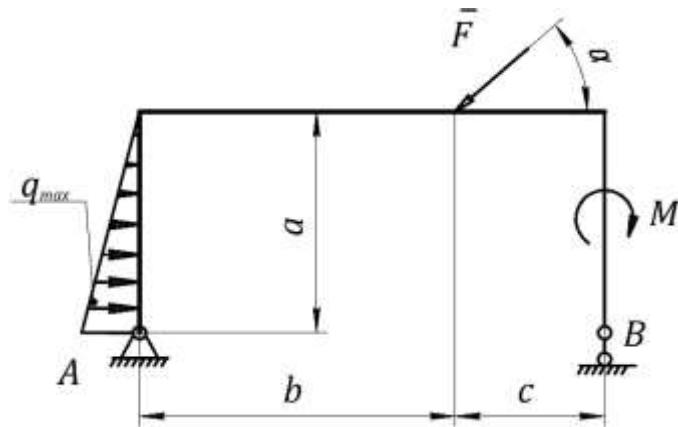


Рисунок 5 – Схема к задаче 2

Задача 3. Найти реакции опор для жесткой невесомой конструкции под действием заданных внешних нагрузок (рисунок 6) при $F = 10 \text{ кН}$, $M = 4 \text{ кН} \cdot \text{м}$, $q = 5 \frac{\text{kH}}{\text{m}}$, $a = 1,0 \text{ м}$, $b = c = 2,0 \text{ м}$, $d = 0,5 \text{ м}$, $\alpha = 30^\circ$.

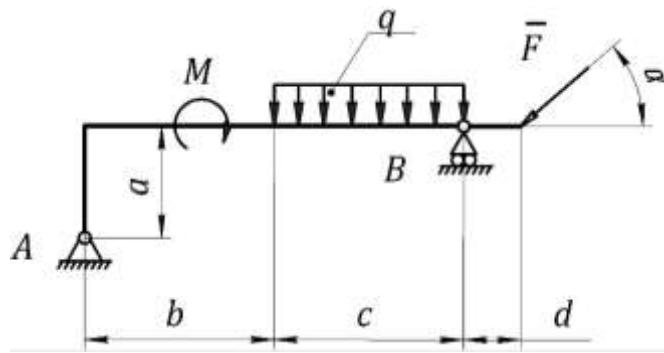


Рисунок 6 – Схема к задаче 3

Тема 1.3. Статика твердого тела. Условия равновесия составной конструкции. Условия равновесия тела под действием пространственной системы

Ключевые вопросы

1. Составление уравнений равновесия для составной конструкции под действием плоской системы произвольно расположенных сил.
2. Нахождение реакций связей составной конструкции.
3. Составление уравнений равновесия тела под действием пространственной системы сил.
4. Нахождение реакций связей тела под действием пространственной системы сил.

Источники: [1, с. 41–51; 7, с. 12–16]

Примеры задач, рассматриваемых на практическом занятии

Задача 1. На сплошной прямоугольный параллелепипед (рисунок 7) наложены связи: в точке А сферический шарнир, в точке В цилиндрический

шарнир, в точке С прямолинейный невесомый стержень с шарнирами на концах. На параллелепипед действуют силы $F_1 = 10 \text{ кН}$, $F_2 = 20 \text{ кН}$, $F_3 = 16 \text{ кН}$, $F_4 = 6 \text{ кН}$. Размеры параллелепипеда: $OB = BC = 2,0 \text{ м}$, $AB = 1 \text{ м}$. Удельный вес материала, из которого изготовлен параллелепипед: 8 кН/м^3 . Определить реакции связей.

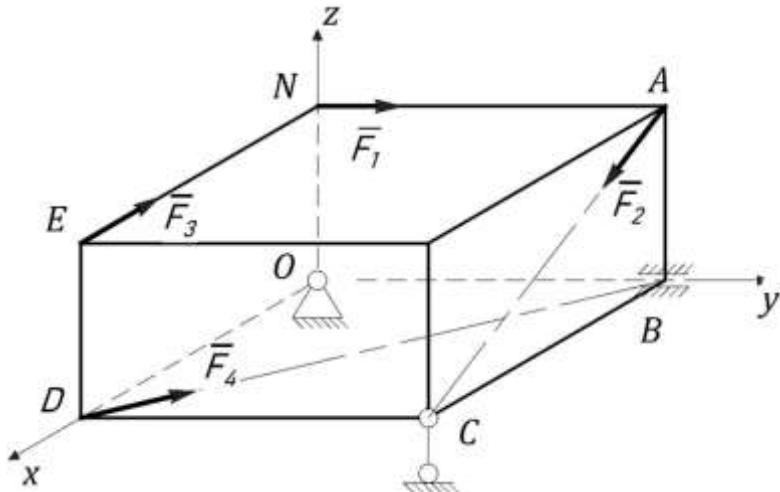


Рисунок 7 – Схема к задаче 1

Задача 2. Найти реакции жесткой заделки невесомой конструкции (рисунок 8). $F_1 = F_2 = 10 \text{ кН}$, $OA = AB = BC = 1,0 \text{ м}$, $AB \parallel x$.

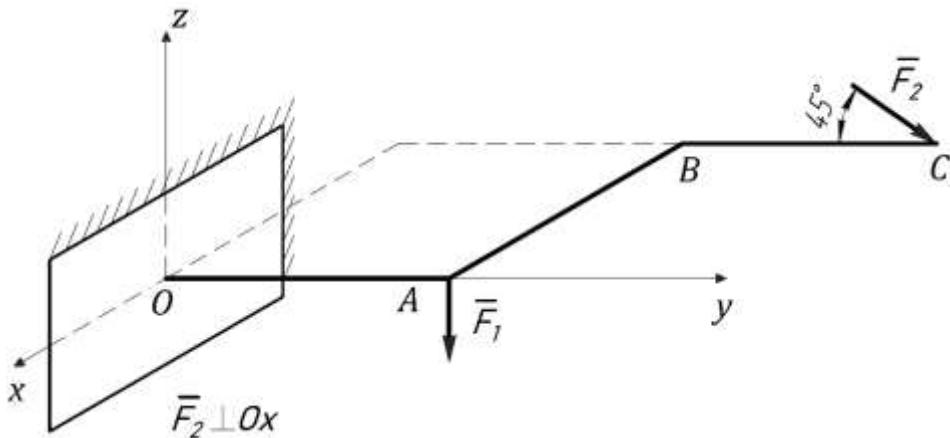


Рисунок 8 – Схема к задаче 2

Задача 3. На вал жестко насажены шкив 1 и колесо 2 (рисунок 9). Определить силы F_3 и $F_4 = 0,4 F_3$, а также реакции опор А и В, если $F_2 = 2F_1$, $F_1 = 100 \text{ Н}$, $d_1 = 300 \text{ мм}$, $d_2 = 100 \text{ мм}$, $AO_1 = 100 \text{ мм}$, $O_1O_2 = 300 \text{ мм}$, $O_1B = 100 \text{ мм}$.

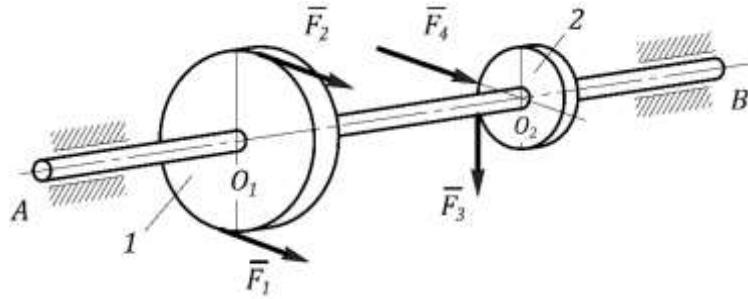


Рисунок 9 – Схема к задаче 3

Общие методические рекомендации по решению задач кинематики и динамики

При решении задач кинематики и динамики рекомендуется выдержать такую последовательность:

1. Изобразить расчетную схему и воспроизвести исходные данные.
2. Записать соотношения, описывающие движения изучаемого объекта. Нанести на схему заданные и искомые величины в виде символов.
3. Получить выражение для искомых величин в общем виде, максимально упростить их.
4. Подставить числовые выражения и выполнить подсчеты.
5. Записать ответ с обязательным указанием единиц измерения всех найденных величин.

Тема 1.4. Способы задания движения точки. Скорость точки. Тангенциальное и нормальное ускорение точки

Ключевые вопросы

1. Определение траектории движения точки.
2. Определение скорости точки.
3. Определение ускорения точки.

Источники: [7, с. 17–20]

Примеры задач, рассматриваемых на практическом занятии

Задача 1. Уравнения движения точки имеют вид

$$\left. \begin{aligned} x &= 4 + 2 \sin\left(\frac{\pi}{3}\right) t \\ y &= 3 \cos\left(\frac{\pi}{3}\right) t \end{aligned} \right\},$$

где координаты x, y измеряются в метрах, а время t в секундах.

Найти уравнение траектории точки в координатной форме. Построить траекторию и найти на ней положение точки в момент времени $t_1 = 1$ с. Для

указанного момента времени определить скорость и ускорение точки, ее тангенциальное и нормальное ускорение, значение радиуса кривизны траектории. Векторы скорости и ускорения точки показать на рисунке.

Задача 2. Даны уравнения движения точки $x = 3 \sin t^2$, $y = t^2 - 1$. Координаты x, y измеряются в метрах, а время t в секундах. Найти уравнение траектории точки; для момента времени $t_1 = 2$ с найти положение точки на траектории, ее скорость, полное, касательное ускорения, а также радиус кривизны траектории.

Задача 3. Заданы уравнения движения точки $x = 3t^2 + 6t + 12$, $y = t^2 + 2t + 6$. Для момента времени $t_1 = 2$ с найти положение точки на траектории, ее скорость и ускорение (показать их на рисунке), а также радиус кривизны траектории в соответствующей точке. Координаты x, y измеряются в метрах, а время t в секундах

Тема 1.5. Поступательное движение. Кинематика вращательного движения

Ключевые вопросы

- Связь скорости и ускорения точки вращающегося тела с характеристиками вращательного движения – угловой скоростью и угловым ускорением.
- Определение кинематических характеристик заданного механизма последовательно для всех звеньев, по ходу передачи движения.

Источники: [7, с. 20–23]

Примеры задач, рассматриваемых на практическом занятии

Задача 1. Тело 1 совершает движение по закону $S = 5t^2 - 10$, м (рисунок 10). Найти скорость и ускорение точки М, в момент времени $t_1 = 1$ с, если $R_2 = 40$ см, $r_2 = 20$ см, $R_3 = 50$ см, $r_3 = 20$ см. Векторы скорости и ускорения точки показать на рисунке.

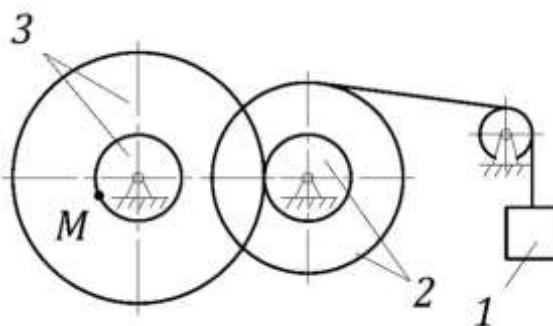


Рисунок 10 – Схема к задаче 1

Задача 2. По заданному уравнению вращения тела 1 $\varphi_1 = 2t^2 - t$, рад механизма, изображенного на рисунке 11, в момент времени $t_1 = 1$ с, найти скорость и ускорение точки M, если $R_1 = 0,3$ м, $R_2 = 0,5$ м, $r_2 = 0,2$ м.

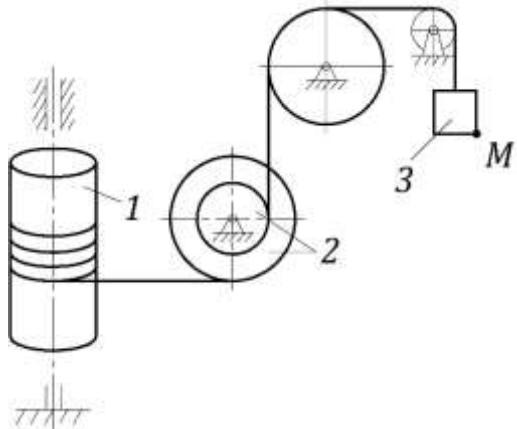


Рисунок 11 – Схема к задаче 2

Задача 3. Задано уравнение движения тела 1 $S = 5t - 10t^2$, м (рисунок 12). Найти в момент времени $t_1 = 2$ с скорость и ускорение точки M, если $R_3 = 0,1$ м, $R_2 = 0,6$ м, $r_2 = 0,2$ м. Векторы скорости и ускорения точки показать на рисунке

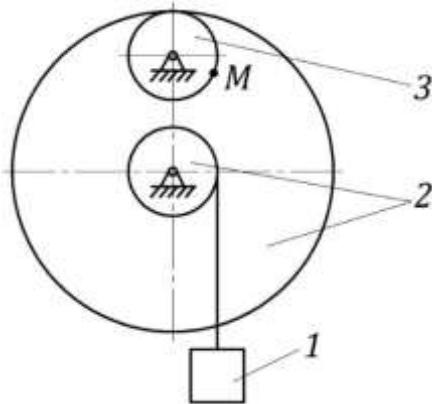


Рисунок 12 – Схема к задаче 3

Тема 1.6. Плоскопараллельное движение. Определение скоростей и ускорений точки тела, совершающего плоскопараллельное движение

Ключевые вопросы

1. Мгновенный центр скоростей (МЦС).
2. Теорема о проекциях скоростей.
3. Определение скоростей при плоскопараллельном движении.
4. Мгновенный центр ускорений (МЦУ).
5. Ускорение точки при плоскопараллельном движении.

Источники: [7, с. 23–28]

Примеры задач, рассматриваемых на практическом занятии

Задача 1. Колесо радиусом $R = 40$ см катится со скольжением по неподвижной прямой (рисунок 13). Скорость и ускорение центра колеса в рассматриваемый момент времени $v_0 = 1,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, $a_0 = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$. Определить в данный момент времени скорости и ускорения A, B, C, D.

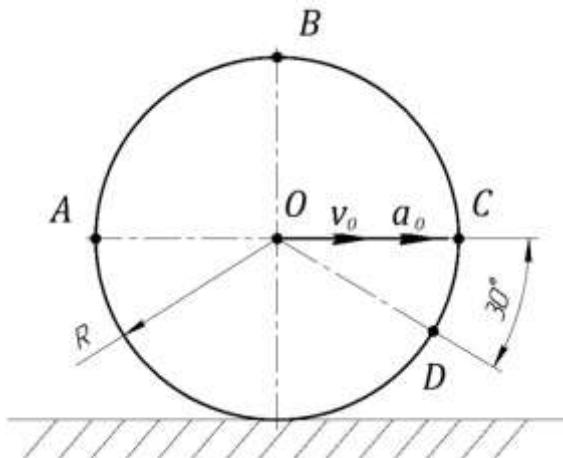


Рисунок 13 – Схема к задаче 1

Задача 2. Для показанного на рисунке 14 механизма, состоящего из шатуна AB длинной 2 м и двух ползунов, по заданным величинам скорости и ускорения ползуна A $v_A = 1,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, $a_A = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$, определить скорость и ускорение ползуна B и средней точки C шатуна, а также угловую скорость и ускорение шатуна, при $\alpha = 30^\circ$.

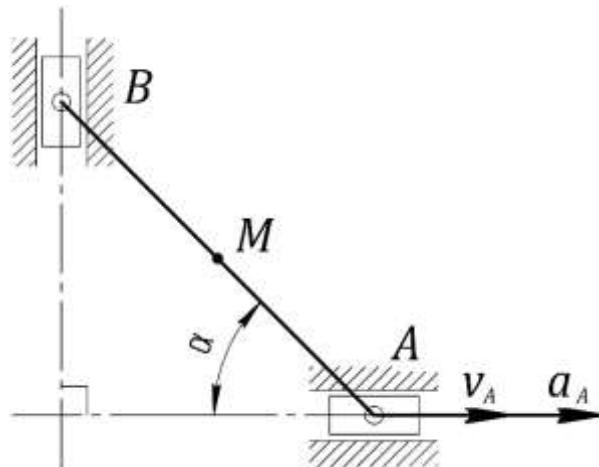


Рисунок 14 – Схема к задаче 2

Задача 3. По заданному уравнению движения ползуна B $S = 2t^2 - 1$, м найти в момент времени $t_1 = 1$ с угловые скорости всех звеньев механизма и линейные скорости обозначенных точек, если в данный момент времени углы $\alpha = 30^\circ$, $\beta = 90^\circ$, $\gamma = 90^\circ$, $\delta = 45^\circ$ (рисунок 15). Углы откладываются в

соответствии с обозначениями на рис. 29 в следующей последовательности: α , β , γ , δ . Длины стержней $l_1 = 0,5$ м, $l_2 = 1,6$ м, $l_3 = 0,8$ м, $AC = BC$, $R = 0,2$ м.

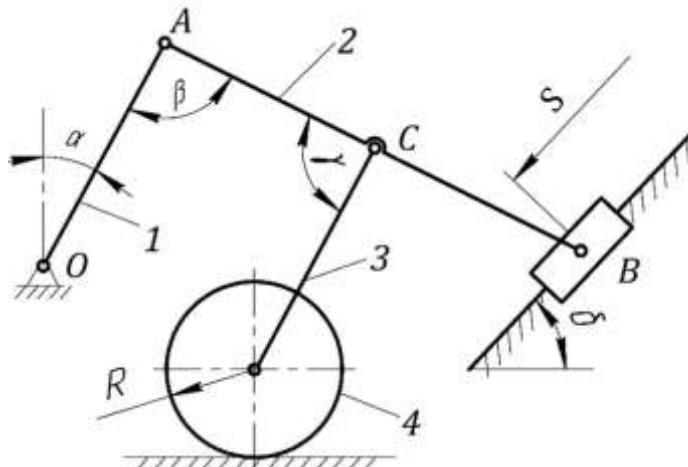


Рисунок 15 – Схема к задаче 3

Тема 1.7. Скорость и ускорение точки при сложном движении

Ключевые вопросы

1. Теорема о сложении скоростей.
2. Определение относительной, переносной и абсолютной скорости точки.
3. Теорема о сложении ускорений.
4. Определение относительного и переносного ускорения точки.
5. Определение ускорения Кориолиса, правило Жуковского.
6. Определение абсолютного ускорения точки.

Источники: [1, с. 116–119]

Примеры задач, рассматриваемых на практическом занятии

Задача 1. Материальная точка M движется в желобе вращающегося тела (рисунок 16). По заданным уравнениям относительного движения $OM(t) = \pi(t^2 + 3t)/16$, м и переносного движения $\varphi(t) = 5t^3 - 18t$, рад с учетом геометрических размеров, определить абсолютную скорость и абсолютное ускорение точки в указанный момент времени $t=1$ с. $R = 1$ м.

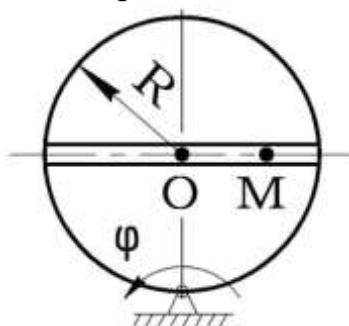


Рисунок 16 – Схема к задаче 1

Задача 2. Материальная точка М движется в желобе вращающегося тела (рисунок 17). По заданным уравнениям относительного движения $OM(t)=\pi(5t-t^2)/12$, м и переносного движения $\phi(t)=3t^2 - t^3 + 4$, рад с учетом геометрических размеров, определить абсолютную скорость и абсолютное ускорение точки в указанный момент времени $t=1$ с. $l = 1$ м.

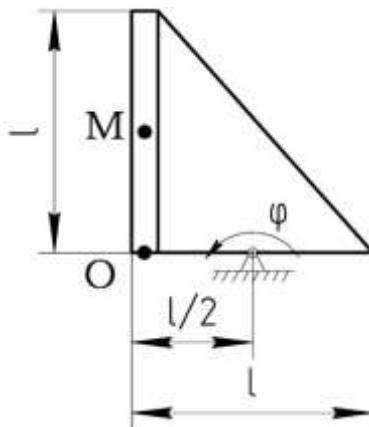


Рисунок 17 – Схема к задаче 2

Задача 3. Материальная точка М движется в желобе вращающегося тела (рисунок 18). По заданным уравнениям относительного движения $OM(t)= \pi(4t^2-5t)/18$, м и переносного движения $\phi(t)= 2t^2 - 10t$, рад с учетом геометрических размеров, определить абсолютную скорость и абсолютное ускорение точки в указанный момент времени $t=2$ с. $R = 1$ м.

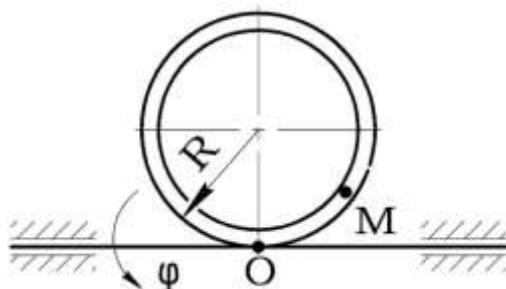


Рисунок 18 – Схема к задаче 3

Тема 1.8. Динамика материальной точки. Основной закон динамики точки

Ключевые вопросы

1. Первая и вторая задачи динамики точки.
2. Составление дифференциального уравнения движения материальной точки с последующим интегрированием и нахождением искомых величин.

Источники: [7, с. 29–31]

Примеры задач, рассматриваемых на практическом занятии

Задача 1. Движение материальной точки массой $m = 0,5 \text{ кг}$ задано уравнениями $x = 2 \cos 4t + 3t$, $y = 2 \sin 4t - 5$. Координаты x, y измеряются в метрах, а время t в секундах. Определить величину и направление равнодействующей силы, действующих на точку, в момент времени $t = 1 \text{ с}$.

Задача 2. Тело весом G под действием силы тяжести спускается по наклонной плоскости, составляющей с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$. Определить скорость тела через 2 с после начала движения, считая тело материальной точкой?

Задача 3. Тело начинает скользить вниз по шероховатой наклонной плоскости, составляющей угол $\alpha = 30^\circ$ с горизонтом, с начальной скоростью $v_0 = 2 \text{ м/с}$. Коэффициент трения скольжения $f = 0,4$. Определить путь, пройденный телом за время $t_1 = 2 \text{ с}$, считая тело материальной точкой.

Тема 1.9. Теорема об изменении кинетической энергии механической системы

Ключевые вопросы

1. Определение кинетической энергии при поступательном, вращательном и плоскопараллельном движении материального тела.
2. Определение искомой кинематической характеристики с помощью теоремы об изменении кинетической энергии механической системы.

Источники: [7, с. 31–38]

Примеры задач, рассматриваемых на практическом занятии

Задача 1. Найти скорость тела 1 (рисунок 19) после его перемещения $S_1 = 2 \text{ м}$ из состояния покоя, используя теорему об изменении кинетической энергии твердого тела. Радиус инерции тела 3 $\rho = 40 \text{ см}$, коэффициент трения скольжения $f_k = 0,25 \text{ см}$, $R_3 = 50 \text{ см}$, $r_3 = 30 \text{ см}$, $R_2 = 15 \text{ см}$, массы тел $m_3 = 2m_1$, $m_2 = 0,5m_1$. Нить невесома и нерастяжима.

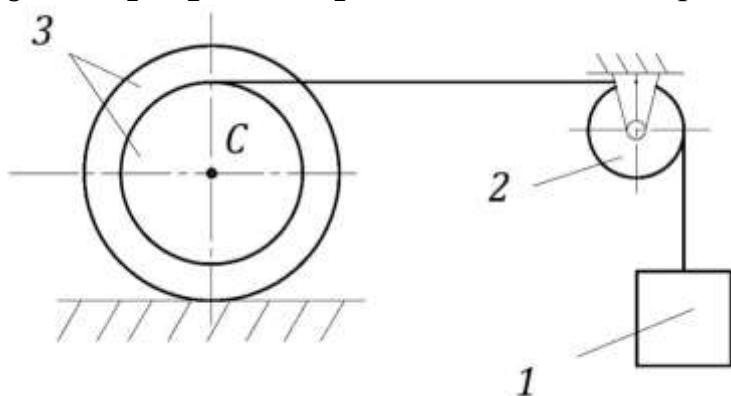


Рисунок 19 – Схема к задаче 1

Задача 2. Механическая система, представленная на рисунке 20, начинает движение из неподвижного положения. Тросы нерастяжимы и невесомы. Заданы вращающий момент $M = 30 \text{ Н} \cdot \text{м}$, радиусы $r_2 = 40 \text{ см}$, $R_2 = 60 \text{ см}$, r и радиус инерции $\rho_2 = 50 \text{ см}$, массы всех тел $m_2 = 4m_1$, $m_3 = 2m_1$ (по отношению к массе m_1). Необходимо найти ускорение тела 3, а также его скорость после перемещения тела 1 $S_1 = 1 \text{ м}$ из исходного положения.

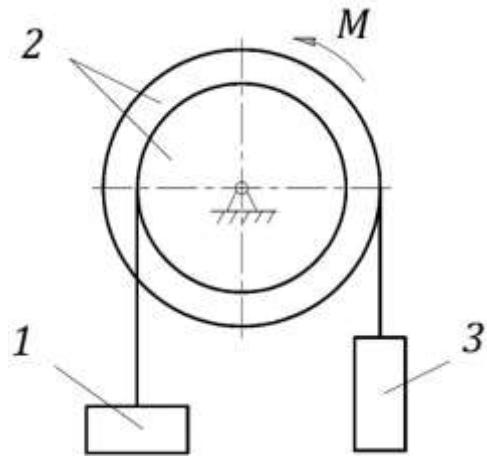


Рисунок 20 – Схема к задаче 2

Задача 3. Показанная на рисунке 21 механическая система состоит из четырех тел. Под действием силы тяжести и момента M , система приходит в движение из состояния покоя. При движении системы также действует сила трения скольжения груза о неподвижную плоскость (коэффициент трения $f = 0.1$). Определить направление движения системы и скорость груза 1 в момент времени, когда тело 4 переместится на расстояние $S_4 = 0,5 \text{ м}$ при следующих данных: $R_3 = 0,3 \text{ м}$, $r_2 = 20 \text{ см}$, $R_2 = 40 \text{ см}$, $m_1 = 2 \text{ кг}$, $m_2 = 6 \text{ кг}$, $m_3 = 4 \text{ кг}$, $m_4 = 8 \text{ кг}$.

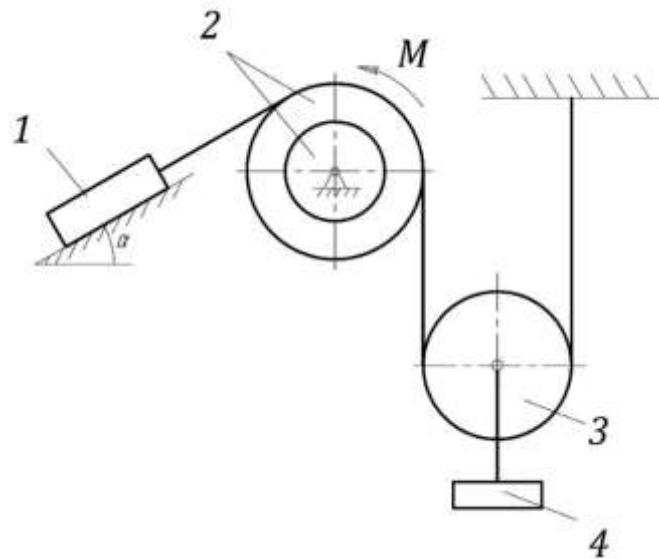


Рисунок 21 – Схема к задаче 3

Раздел 2. Техническая механика

Тема 2.1. Кинематический и силовой расчет привода

Ключевые вопросы

1. Анализ структурной схемы привода.
2. Выбор электродвигателя.
3. Расчет передаточного отношения.
4. Определение кинематических параметров привода.

Источники: [12, с. 9–13]

Тема 2.2. Выбор материала и расчет допускаемых напряжений зубчатых передач

Ключевые вопросы

1. Выбор материала зубчатых колес.
2. Расчет допускаемых контактных напряжений.
3. Расчет допускаемых напряжений изгиба.

Источники: [12, с. 14–21]

Тема 2.3. Проектный расчет передачи

Ключевые вопросы

1. Определение основных геометрических параметров.

Источники: [12, с. 21–24, 28–31, 35–39]

Тема 2.4. Проверочный расчет зубчатой передачи

Ключевые вопросы

1. Проверочный расчет по контактным напряжениям.
2. Проверочный расчет по напряжениям изгиба.

Источники: [12, с. 24–27, 31–34, 39–40]

Тема 2.5. Расчет сил в зацеплении

Ключевые вопросы

3. Окружная сила.
4. Осевая сила.

Источники: [12, с. 28, 35, 40]

Тема 2.6. Составление расчетной схемы тихоходного вала

Ключевые вопросы

1. Эскизное конструирование вала.
2. Определение реакций в опорных участках вала.
3. Построение эпюр изгибающих моментов. Определение опасного сечения.

Источники: [12, с. 40–45]

Тема 2.7. Расчет тихоходного вала на усталостную и статическую прочность

Ключевые вопросы

1. Расчет вала на усталостную прочность.
2. Расчет вала на статическую прочность.

Источники: [12, с. 45–48]

Тема 2.8. Чертеж зубчатого колеса

Источники: [8]

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Содержание самостоятельной работы студентов очной и очно-заочной формы обучения определяется рабочей учебной программой.

Наряду с проработкой лекционного материала и подготовкой к практическим занятиям, студент обязан выполнить расчетно-графическую работу (см. введение).

Расчетно-графическая работа по разделу «Техническая механика» выполняется с целью закрепления, углубления и систематизации, полученных в ходе обучения знаний. Выполнение работы требует предварительного изучения соответствующего теоретического материала [9, 10, 11].

Задачи расчетно-графической работы:

1. Изучить основные параметры приводов машин.
2. Освоить методики прочностного расчета основных узлов и деталей приводов машин.
3. Научиться формулировать практические рекомендации по проектированию, модернизации и эксплуатации основных узлов и деталей приводов машин.

Тематика расчетно-графической работы посвящена расчету работоспособности приводов различных строительных машин.

Порядок выполнения расчетно-графической работы:

1. Выполнить силовой и кинематический расчет привода:
 - определить мощность, врачающий момент, частоту вращения и угловую скорость на каждом валу привода;
 - определить передаточное отношение редуктора (цилиндрического, конического или червячного) и открытой передачи (ременной или цепной);
 - подобрать электродвигатель.
2. Выполнить прочностной расчет передачи (цилиндрической, конической или червячной):
 - подобрать материал и найти допускаемые напряжения элементов передачи;
 - выполнить проектный расчет передачи (определить основные геометрические параметры);
 - выполнить проектный расчет передачи по контактным напряжениям;
 - выполнить проектный расчет передачи по напряжениям изгиба;
 - найти силы в зацеплении.
3. Выполнить расчет тихоходного вала на прочность и жесткость:
 - составить расчетную схему вала;

- выполнить проектный расчет вала;
- найти силовые факторы, действующие в сечениях вала;
- выполнить расчет вала на усталостную прочность.

При выполнении расчетно-графической работы следует придерживаться следующих правил:

1. Условия задачи должны полностью соответствовать варианту, выданному преподавателем.

2. Решения задач необходимо сопровождать пояснениями и подробными вычислениями.

3. При вычислении каждой величины надо указывать ее название, формулу, по которой она определяется. После записи формулы с буквенными обозначениями в таком же порядке подставляются их численные значения.

4. Необходимо указывать единицы измерения всех величин как заданных в условии задачи, так и полученных в результате расчетов. Применять нужно только Международную систему единиц СИ.

Расчетно-графическая работа выполняется в соответствии с отдельно разработанным учебно-методическим пособием [12].

Учебно-методические пособия по расчетно-графической работе устанавливают общие требования к содержанию и оформлению. Пособия включают в себя необходимые исходные данные для выполнения работы.

Расчетно-графическую работу можно начинать выполнять сразу же после прослушивания необходимого теоретического материала на лекциях.

В целях сокращения возможных исправлений настоятельно рекомендуется показывать преподавателю поэтапное решение задач, вместо того чтобы сдавать сразу полностью выполненную работу.

Зашитить РГР необходимо до начала экзаменационной сессии. Она осуществляется путем собеседования. Для подготовки к защите можно использовать литературу, приведенную в данном учебно-методическом пособии [9–12].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Молотников, В. Я. Теоретическая механика / В. Я. Молотников. – Санкт-Петербург: Лань, 2023. – 244 с.
2. Доронин, Ф. А. Теоретическая механика: учеб. пособие / Ф. А. Доронин. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 480 с.
3. Мещерский, И. В. Задачи по теоретической механике: учеб. пособие / И. В. Мещерский; под ред. В. А. Пальмова, Д. Р. Меркина. – 52-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 448 с. – ISBN 978-5-8114-4190-7. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/206417> (дата обращения: 04.06.2024). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Витренко, О. С. Анализ механических систем. Статика: учеб.-метод. пособие по РГР по дисциплине «Теоретическая механика» для студ. очной и заочной формы обучения в бакалавриате по напр. подгот. 15.03.01 Машиностроение, 15.03.02 Технологические машины и оборудование, 26.03.02 Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов мор. инфраструктуры, 08.03.01 Строительство / О. С. Витренко, В. Г. Сукиасов. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2020. – 36 с.
5. Витренко, О. С. Анализ механических систем. Кинематика: учеб.-метод. пособие по РГР по дисциплине «Теоретическая механика» для студ. очной и заочной формы обучения в бакалавриате по напр. подгот. 15.03.01 Машиностроение, 15.03.02 Технологические машины и оборудование, 26.03.02 Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов мор. инфраструктуры, 08.03.01 Строительство / О. С. Витренко, В. Г. Сукиасов. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2021. – 35 с.
6. Витренко, О. С. Анализ механических систем. Динамика: учеб.-метод. пособие по РГР по дисциплине «Теоретическая механика» для студ. очной и заочной формы обучения в бакалавриате по направлениям подгот. 15.03.01 Машиностроение, 15.03.02 Технологические машины и оборудование, 26.03.02 Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов мор. инфраструктуры, 08.03.01 Строительство / О. С. Витренко, В. Г. Сукиасов. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. – 30 с.
7. Витренко, О. С. Теоретическая механика: учеб.-метод. пособие по практическим занятиям по дисциплине «Инженерная механика» для студ. по напр. подгот. в бакалавриате 15.03.01 Машиностроение, 15.03.02 Технологические машины и оборудование, 08.03.01 Строительство, 26.03.02 Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры / О. С. Витренко, В. Г. Сукиасов. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2024. – 40 с.

8. Диевский, В. А. Теоретическая механика / В. А. Диевский. – 6-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2023. – 348 с. – ISBN 978-5-507-48273-3. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/346016> (дата обращения: 04.06.2024). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
9. Артоболевский И. И. Теория механизмов и машин: учебник / И. И. Артоболевский. – Москва: Изд. Ленанд, 2023. – 640 с.
10. Иванов, М. Н. Детали машин: учеб. / М. Н. Иванов, В. А. Финогенов; Моск. гос. техн. ун-т им. Н. Э. Баумана (Нац. исслед. унт). – 15-е изд., испр. и доп. – Москва: Юрайт, 2016. – 408 с. – ISBN 978-5-9916-3804-3 (в пер.). – Текст: непосредственный.
11. Решетов, Д. Н. Детали машин: учеб. / Д. Н. Решетов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 1989. – 496 с.
12. Шарков, О. В. Основы технической механики: учебно-методическое пособие по выполнению расчетно-графической работы для студентов бакалавриата по направлению подготовки 08.03.01 Строительство / О. В. Шарков. – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. – 63 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

Типовое задание № 1

Исходные данные: эксплуатационные параметры привода - $F = 2,40 \text{ кН}$; $v = 1,80 \text{ м/с}$; $D = 0,40 \text{ м}$; срок службы $L = 6 \text{ лет}$; режим работы – тяжелый.

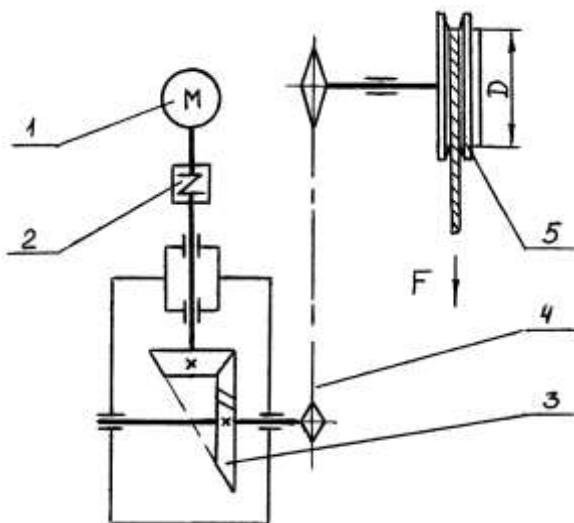


Рисунок П.А.1 – Привод ярусоподъемной лебедки:

1 – электродвигатель; 2 – муфта упругая; 3 – конический редуктор; 4 – цепная передача; 5 – тяговый шкив

План работы

1. Выбор стандартного электродвигателя для данной схемы привода и его эксплуатационных параметров.
2. Подбор стандартного редуктора.
3. Кинематический и силовой расчет привода.
4. Выбор материала для зубчатого колеса.
5. Оценка допускаемых контактных напряжений.
6. Проектный расчёт редуктора.
7. Проверочный расчёт редуктора.
8. Определение геометрических параметров зубчатого колеса.
9. Составление эскиза чертежа зубчатого колеса.

Типовое задание № 2

Исходные данные: эксплуатационные параметры привода - $F = 3,00 \text{ кН}$; $v = 3,20 \text{ м/с}$; $D = 0,35 \text{ м}$; срок службы $L = 5 \text{ лет}$; режим работы – тяжелый.

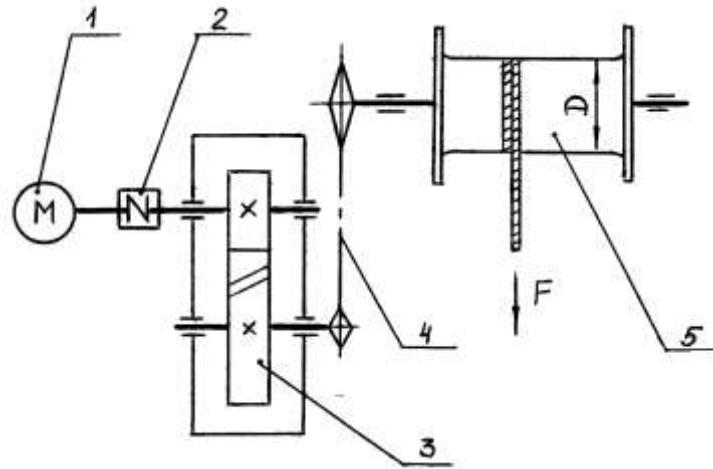


Рисунок П.А.2 – Привод судовой лебедки:
1 – электродвигатель; 2 – муфта упругая; 3 – цилиндрический редуктор;
4 – цепная передача; 5 – проводниковый барабан

План работы

1. Выбор стандартного электродвигателя для данной схемы привода и его эксплуатационных параметров.
2. Подбор стандартного редуктора.
3. Кинематический и силовой расчет привода.
4. Выбор материала для зубчатого колеса.
5. Оценка допускаемых контактных напряжений.
6. Проектный расчёт редуктора.
7. Проверочный расчёт редуктора.
8. Определение геометрических параметров зубчатого колеса.
9. Составление эскиза чертежа зубчатого колеса.

Приложение Б

Тестовые задания открытого типа

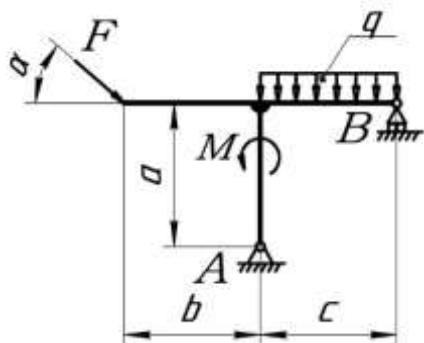
1. Условие равновесия тела под действием системы сил, произвольно расположенных в плоскости: _____

Ответ: $\begin{cases} \sum F_{kx} = 0; \\ \sum F_{ky} = 0; \\ (\sum M_A(\vec{F}_k)) = 0. \end{cases}$

2. Силы взаимодействия между материальными точками (телами) рассматриваемой системы называют: _____

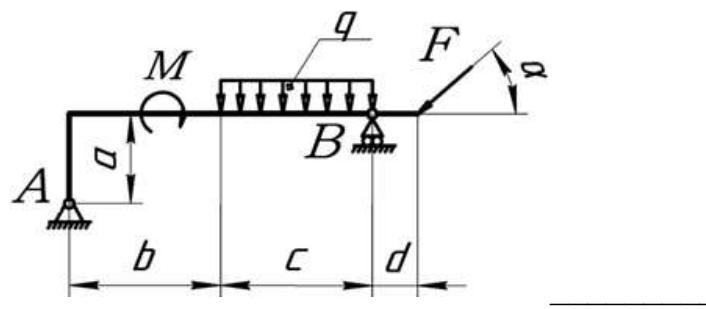
Ответ: внутренними

3. Тип связи в точке A: _____



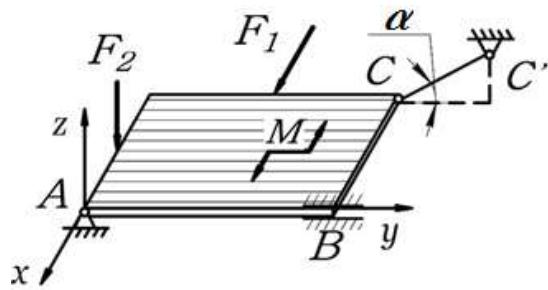
Ответ: неподвижный цилиндрический шарнир

4. Момент силы F относительно точки A равен:



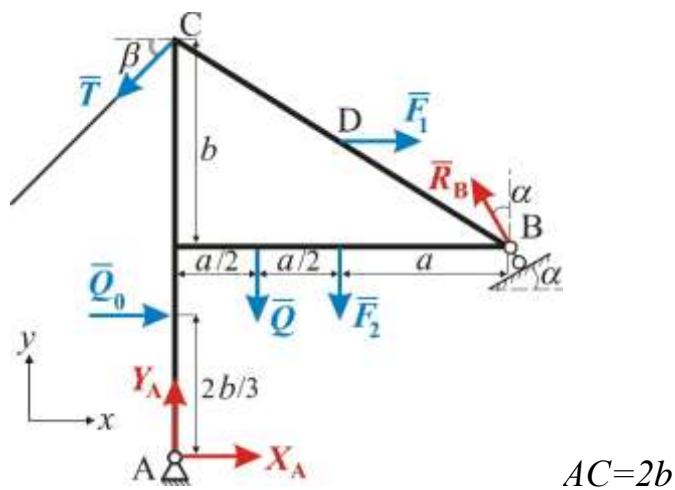
Ответ: $M_A(\vec{F}) = F \cos \alpha \cdot a - F \sin \alpha \cdot (b + c + d)$

5. Момент силы F_1 относительно оси z будет равен



Ответ: $M_z(\vec{F}_1) = -F_1 \cdot \frac{1}{2}AB$

6. Сумма моментов всех сил относительно точки А $\sum M_A(F_k)$ равна:



Ответ: $\sum M_A(F_k) = R_B \cos \alpha \cdot 2a + R_B \sin \alpha \cdot b + T \cos \beta \cdot 2b - F_1 \cdot \frac{3b}{2} - Q_0 \cdot \frac{2b}{3} - F_2 \cdot a - Q \cdot \frac{a}{2}$

7. Раздел теоретической механики, в котором изучается движение материальных тел в пространстве с геометрической точки зрения, вне связи с силами, определяющими это движение, называется _____

Ответ: кинематика

8. Движение твердого тела, при котором любая прямая, соединяющая две точки тела, движется параллельно самой себе, называется

Ответ: поступательное

9. Движение твердого тела, при котором каждая точка тела движется в плоскости, параллельной некоторой неподвижной плоскости, называется

Ответ: плоскопараллельное

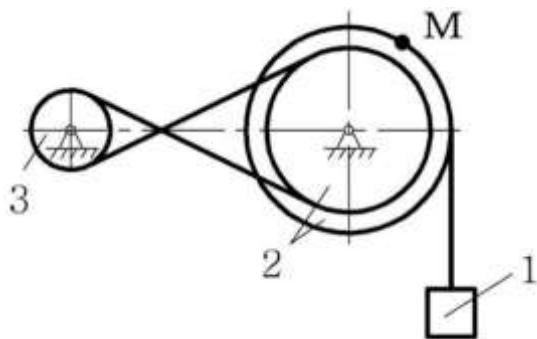
10. Абсолютное ускорение точки, совершающей сложное движение, при переносном вращательном движении, определяется по формуле:

Ответ: $\vec{a}_a = \vec{a}_r + \vec{a}_e^t + \vec{a}_e^n + \vec{a}_c$

11. Закон движения точки М задан уравнением $x = t^3 + 1$. Ускорение точки М в момент времени $t = 2$ с, равно:

Ответ: 12 м/с^2

12. Механизм состоит из колес 2 и 3, связанных ременной передачей, и груза 1, привязанного к концу нити. Если $\omega_3 = 5 \text{ с}^{-1}$, $R_2 = 0,4 \text{ м}$, $r_2 = 0,2 \text{ м}$, $r_3 = 0,1 \text{ м}$, то скорость точки М (V_M) равна:

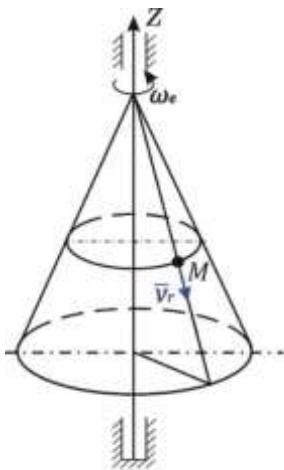


Ответ: 1 м/с

13. Точка, неизменно связанная с фигурой, скорость которой в это момент равна нулю называется: _____

Ответ: мгновенным центром скоростей

14. По образующей конуса движется точка М со скоростью $v_r = 2 \text{ м/с}$. Конус вращается с угловой скоростью $\omega_e = 1 \text{ с}^{-1}$. Угол α между образующей конуса и осью вращения равен 30° . Кориолисово ускорение точки численно равно:



Ответ: 2 м/с^2

15. Раздел теоретической механики, в котором изучается движение материальных тел в пространстве в зависимости от действия на них сил называется _____

Ответ: динамика

16. Геометрическая точка С, радиус вектор которой определяется по формуле $\vec{r}_c = \frac{\sum m_k \vec{r}_k}{m}$ называется _____ системы

Ответ: центром масс

17. Теорема об изменении кинетической энергии материальной точки имеет вид _____

Ответ: $\frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = \sum A_i$

18. Механизм или устройство, выполняющее механические движения, служащие для преобразования энергии, материалов или информации с целью облегчения или замены физического или умственного труда человека и повышения его производительности называется _____

Ответ: машина

19. Часть машины, которую изготавливают из одного материала без применения сборочных операций называется _____

Ответ: деталь

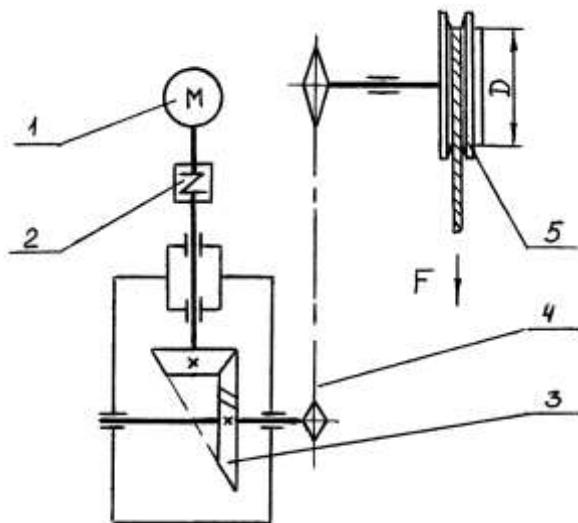
20. К критериям работоспособности деталей машин относятся _____

Ответ: прочность, жесткость, износостойкость, теплостойкость, виброустойчивость.

21. Дан привод, содержащий электродвигатель, муфту и закрытую одноступенчатую цилиндрическую передачу. Выбрать число пар подшипников в таком приводе _____

Ответ: 2

22. На рисунке под номером 4 изображена передача _____



Ответ: цепная

23. Дан привод, содержащий электродвигатель и закрытую двухступенчатую коническоцилиндрическую передачу. Соединение деталей выполнено посредством шпонок. Записать число деталей, имеющих зубья _____.

Ответ: 4

24. Даны цилиндрическая передача внутреннего зацепления. Числа зубьев шестерни и колеса соответственно равны: 25 и 75. Модуль зацепления составляет 3 мм. Межосевое (межцентровое) расстояние равно _____.

Ответ: 75

25. Определить делительный диаметр червяка, если известно, что модуль равен 2,5 мм, коэффициент диаметра червяка 8 _____.

Ответ: 8

26. В зависимости от принципа действия механические передачи разделяют на: передачи зацеплением и передачи _____

Ответ: трением

27. К механическим передачам зацепления относят: _____

Ответ: зубчатые, червячные, цепные

28. К механическим передачам трения относят: _____

Ответ: фрикционные, ременные

Тестовые задания закрытого типа

1. Сила определяется:

- а) числовым значением (модулем)**
- б) направлением**
- в) плоскостью действия**
- г) точкой приложения**

2. Способы задания движения точки:

- а) естественный**
- б) координатный**
- в) векторный**
- г) аналитический**

3. Кинетическая энергия тела при вращательном движении определяется по формуле:

- а) $T = \frac{1}{2} m\omega^2$**
- б) $T = \frac{1}{2} I\omega^2$**
- в) $T = \frac{1}{2} mv^2$**
- г) $T = \frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{2} I\omega^2$**

4. Условие прочности при кручении имеет вид: _____

- а) $\sigma = \frac{N}{A} \leq [\sigma]$**
- б) $\tau_{max} = \frac{M_k}{W_p} \leq [\tau_k]$**
- в) $\sigma_{max} = \frac{M_x}{W_x} \leq [\sigma]$**

г) $\sigma = \frac{M_x \cdot y}{J_x} \leq [\sigma]$

5. Условие прочности при растяжении (сжатии) имеет вид _____

а) $\sigma = \frac{N}{A} \leq [\sigma]$

б) $\sigma = \frac{M_x \cdot y}{J_x} \leq [\sigma]$

в) $\tau_{max} = \frac{M_k}{W_P} \leq [\tau_k]$

г) $\sigma_{max} = \frac{M_x}{W_x} \leq [\sigma]$

6. Условие прочности при изгибе имеет вид _____

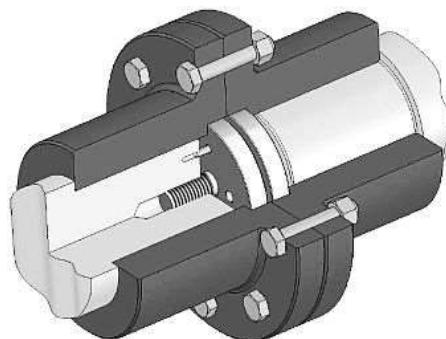
а) $\sigma = \frac{M_x \cdot y}{J_x} \leq [\sigma]$

б) $\sigma = \frac{M_x \cdot y}{J_x} \leq [\sigma]$

в) $\tau_{max} = \frac{M_k}{W_P} \leq [\tau_k]$

г) $\sigma_{max} = \frac{M_x}{W_x} \leq [\sigma]$

7. Муфта, обеспечивающая жесткое соединение валов, не допускающее угловых или осевых смещений, изображенная на рисунке называется



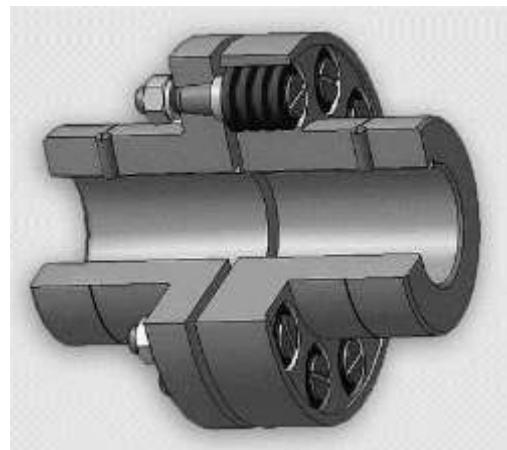
а) кулачковая муфта

б) фланцевая муфта

в) обгонная муфта

г) предохранительная муфта

8. Муфта, традиционно применяемая для устранения несносности валов, изложенная на рисунке называется



- а) жесткая муфта
- б) упругая муфта**
- в) зубчатая муфта
- г) шарнирная муфта

Приложение В

Список экзаменационных вопросов

1. Классификация машин.
2. Виды механизмов машин.
3. Основные критерии работоспособности деталей машин.
4. Основные направления повышения прочности изделия.
5. Жесткость. Мероприятия по повышению жесткости.
6. Износостойкость. Мероприятия по уменьшению изнашивания
7. Теплостойкость.
8. Виброустойчивость.
9. Определение и характеристики надежности.
10. Основные показатели надежности.
11. Кинематические пары и их классификация.
12. Кинематические цепи.
13. Принцип действия зубчатой передачи. Область применения. Достоинства и недостатки.
14. Цилиндрические зубчатые передачи. Область применения, назначение, классификация.
15. Конические зубчатые передачи. Область применения, назначение, классификация.
16. Червячные передачи. Область применения, назначение, классификация.
17. Резьбовые соединения. Область применения, назначение, классификация.
18. Основные типы и параметры резьбы.
19. Основные типы крепежных деталей.
20. Методы изготовления резьб.
21. Конструкции, технология, классификация и область применения заклепочных соединений.
22. Материалы заклепок и допускаемые напряжения.
23. Преимущества и недостатки заклёточных соединений по сравнению с другими типами соединений.
24. Принцип образования и основные методы сварки в машиностроении.
25. Классификация сварных соединений и геометрия сварных швов.
26. Преимущества и недостатки сварных соединений по сравнению с другими типами соединений.
27. Принцип действия ременной передачи.
28. Классификация ременных передач.
29. Преимущества и недостатки ременных передач.
30. Область применения ременных передач.
31. Основные геометро-кинематические параметры ременной передачи.

- 32.Принцип действия цепной передачи.
- 33.Классификация цепных передач.
- 34.Преимущества и недостатки цепных передач.
- 35.Область применения цепных передач.
- 36.Основные геометро-кинематические параметры цепной передачи.
- 37.Назначение валов и осей и их классификация.
- 38.Конструктивные особенности валов.
- 39.Материалы валов и осей.
- 40.Силы, действующие на вал.
- 41.Критерии работоспособности валов и осей.
- 42.Назначение подшипников и их классификация.
- 43.Подшипники качения. Достоинства и недостатки. Классификация.
- 44.Подшипники скольжения. Достоинства и недостатки. Классификация.
- 45.Назначение муфт и их классификация.
- 46.Муфты глухие.
- 47.Муфты компенсирующие жесткие.
- 48.Муфты упругие.
- 49.Расчет упругих муфт.
- 50.Классификация шпоночных соединений, их применение.
- 51.Достоинства и недостатки шпоночных соединений.
- 52.Критерии работоспособности шпоночного соединения.
- 53.Классификация шлицевых соединений.
- 54.Достоинства и недостатки шлицевых соединений.
- 55.Критерии работоспособности шлицевых соединений.

Учебное издание

Ольга Сергеевна Витренко

ИНЖЕНЕРНАЯ МЕХАНИКА

Редактор Е. Билко

Подписано в печать 17.12.2025 г. Формат 60x94 (1/16). Уч.-изд. л. 3,2. Печ. л. 4,4.
Тираж 29 экз. Заказ № 97.

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Калининградский государственный технический университет».
236022, Калининград, Советский проспект, 1