

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Мищенко Елена Анатольевна
Должность: Заместитель директора по СПО
Дата подписания: 23.09.2024 14:07:59
Уникальный программный ключ:
76a278a54abade2940ce7a476e59c491b232c9db



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Старооскольский филиал

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
**«Российский государственный геологоразведочный университет имени
Серго Орджоникидзе»
(СОФ МГРИ)**

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора по СПО
_____ Е.А. Мищенко
« ____ » _____ 2023 г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА
программы подготовки специалистов среднего звена
по специальности СПО
21.02.14 Маркшейдерское дело

2023 год

Фонд оценочных средств (далее ФОС) разработан на основе рабочей программы, с учетом требований к освоению содержания учебной дисциплины «Техническая механика» по специальности среднего профессионального образования (далее СПО): 21.02.14
Маркшейдерское дело

Организация-разработчик:

Старооскольский филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе»

Разработчик:

Котарев В, В.. – преподаватель СОФ МГРИ

РАССМОТРЕН И ОДОБРЕН

на заседании преподавателей ОПОП специальности 21.02.14
«Маркшейдерское дело»

Протокол № _____ от «_____» _____ 2023 г.

Руководитель ОПОП: _____ Г.В. Воробьева

РЕКОМЕНДОВАН

Учебно-методическим отделом (УМО) СОФ МГРИ

«_____» _____ 2023 ____ г.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ.....	4
2. КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ.....	6
3. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО, ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ.....	9

1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

1.1. Область применения фонда оценочных средств

Фонд оценочных средств предназначен для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, осваивавших программу учебной дисциплины «Техническая механика».

ФОС включают контрольные материалы для проведения текущего контроля в форме выполнения практических работ, контрольных и проектных заданий, выполнения тестовых заданий и промежуточной аттестации в форме дифференцированного зачета.

1.2. Требования к результатам освоения дисциплины

В результате контроля и оценки по учебной дисциплине «Техническая механика» осуществляется проверка следующих умений

- У 1 - определять напряжения в конструкционных элементах;
- У 2 -- определять передаточное отношение;
- У 3 -- проводить расчёт и проектировать детали и сборочные единицы общего назначения;
- У 4 - проводить сборочно-разборочные работы в соответствии с характером соединений деталей и сборочных единиц;
- У 5 -- производить расчёты на сжатие, срез и смятие;
- У 6 - производить расчёты элементов конструкции на прочность, жёсткость и устойчивость;
- У 7 - собирать конструкции из деталей по чертежам и схемам;
- У 8 - читать кинематические схемы

В результате контроля и оценки по учебной дисциплине «Техническая механика» осуществляется проверка следующих знаний:

- З 1 - виды движений и преобразующие движения механизмы;
- З 2 - виды износа и деформаций деталей и узлов;
- З 3 - виды передач, их устройство, назначение, преимущества и недостатки, условные обозначения на схемах;
- З 4 - кинематику механизмов, соединения деталей машин, механические передачи, виды и устройство передач;
- З 5 - методику расчёта конструкций на прочность, жёсткость и устойчивость при различных видах деформации;
- З 6 - методику расчёта на сжатие, срез и смятие;
- З 7 - назначение и классификацию подшипников;
- З 8 - характер соединения основных сборочных единиц и деталей;
- З 9 - основные типы смазочных устройств;
- З 10 - типы, назначение, устройство редукторов;
- З 11 - трение, его виды, роль трения в технике;
- З 12 - устройство и назначение инструментов и контрольно-измерительных приборов, используемых при техническом обслуживании и ремонте оборудования

Процесс изучения дисциплины «Техническая механика» направлен на формирование следующих **общих и профессиональных компетенций:**

Код	Наименование результата обучения
ОК 9	Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.
ПК 1.1.	Определять границы землепользования горных и земельных отводов.
ПК 1.2.	Строить маркшейдерскую опорную и съёмочные сети.
ПК 1.3.	Применять геодезическое оборудование и технологии.

ПК 2.1	Проводить плановые, высотные и ориентирно-соединительные инструментальные съемки горных выработок.
ПК 2.2.	Обеспечивать контроль и соблюдение параметров технических сооружений ведения горных работ.
ПК 2.4.	Обеспечивать безопасное ведение съемочных работ.
ПК 2.5	. Контролировать параметры движения горных пород.
ПК 2.6.	Планировать горные работы.
ПК 3.3.	Вести учет качества и полноты извлечения полезного ископаемого.
ПК 4.1	. Планировать и обеспечивать выполнение производственных заданий.
ПК 4.2	. Определять оптимальные решения производственных задач в условиях нестандартных ситуаций.
ПК 4.3	. Контролировать качество выполнения работ.
ПК 4.5.	Проводить инструктажи и обеспечивать безопасное ведение горных работ.

2. КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Контроль и оценка результатов освоения учебной дисциплины осуществляется преподавателем в процессе проведения практических занятий и тестирования, а также выполнения обучающимися индивидуальных заданий и самостоятельных работ.

Результаты обучения (освоенные умения, усвоенные знания)	Формы и методы контроля и оценки результатов обучения
Освоенные умения:	
- определение напряжений в конструкционных элементах;	Экспертная оценка выполнения практической работы. Экспертная оценка выполнения самостоятельной работы. Тестирование. Экзамен.
- определение передаточного отношения;	Экспертная оценка выполнения практической работы. Экспертная оценка выполнения самостоятельной работы. Тестирование. Экзамен.
- проведение расчёта и проектирование деталей и сборочных единиц общего назначения;	Экспертная оценка выполнения практической работы. Экспертная оценка выполнения самостоятельной работы. Тестирование. Экзамен.

- проведение сборочно-разборочных работ в соответствии с характером соединений деталей и сборочных единиц;	Экспертная оценка выполнения практической работы. Выполнение и защита лабораторной работы. Экспертная оценка выполнения самостоятельной работы. Тестирование. Экзамен.
- производство расчётов на сжатие, срез и смятие;	Экспертная оценка выполнения практической работы. Экспертная оценка выполнения самостоятельной работы. Тестирование. Экзамен.
- производство расчётов элементов конструкций на прочность, жёсткость и устойчивость;	Экспертная оценка выполнения практической работы. Экспертная оценка выполнения самостоятельной работы. Тестирование. Экзамен.
- сборка конструкций из деталей по чертежам и схемам;	Выполнение и защита лабораторной работы. Экспертная оценка выполнения самостоятельной работы. Тестирование. Экзамен.
- чтение кинематических схем.	Экспертная оценка выполнения практической работы. Выполнение и защита лабораторной работы. Экспертная оценка выполнения самостоятельной работы. Тестирование. Экзамен.
Усвоенные знания:	
- видов движений и преобразующие движения механизмы;	Экспертная оценка выполнения самостоятельной работы. Тестирование. Экзамен.
- виды износа и деформаций деталей и узлов;	Экспертная оценка выполнения самостоятельной работы. Тестирование. Экзамен.
- виды передач, их устройство, назначение, преимущества и недостатки, условные обозначения на схемах;	Экспертная оценка выполнения практической работы. Выполнение и защита лабораторной работы. Экспертная оценка выполнения самостоятельной работы. Тестирование. Экзамен.
- кинематика механизмов, соединения деталей машин, механические передачи, виды и устройство передач;	Экспертная оценка выполнения практической работы. Выполнение и защита лабораторной работы. Экспертная оценка выполнения самостоятельной работы. Тестирование. Экзамен.
- методика расчёта конструкций на прочность, жёсткость и устойчивость при различных видах деформации;	Экспертная оценка выполнения практической работы. Экспертная оценка выполнения самостоятельной работы. Тестирование. Экзамен.
- методика расчёта на сжатие, срез и смятие;	Экспертная оценка выполнения практической работы. Выполнение и защита лабораторной работы. Экспертная оценка выполнения самостоятельной работы. Тестирование. Экзамен.
- назначение и классификация подшипников;	Экзамен. Тестирование. Экспертная оценка выполнения самостоятельной работы.
- характер соединения основных сборочных единиц и деталей;	Экспертная оценка выполнения самостоятельной работы. Тестирование. Экзамен.
- основные типы смазочных	Экспертная оценка выполнения самостоятельной

устройств;	работы. Тестирование. Экзамен.
- типы, назначение, устройство редукторов;	Выполнение и защита лабораторной работы. Экспертная оценка выполнения самостоятельной работы. Тестирование. Экзамен.
- трение, его виды, роль трения в технике;	Экспертная оценка выполнения самостоятельной работы. Тестирование. Экзамен.
- устройство и назначение инструментов и контрольно-измерительных приборов, используемых при техническом обслуживании и ремонте оборудования.	Выполнение и защита лабораторной работы. Экспертная оценка выполнения самостоятельной работы. Тестирование. Экзамен.

Контроль и оценка освоения учебной дисциплины по разделам (темам)

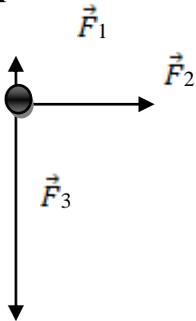
Раздел / тема учебной дисциплины	Форма текущего контроля	Коды знаний и умений	Коды формируемых ПК и ОК
Раздел 1. Теоретическая механика			
Тема 1.1. СТАТИКА Основные понятия и аксиомы статики	Тестирование Устный опрос Письменный опрос Самостоятельная работа	У 8 3 1	ПК1.1,ПК1.2, ПК2.5, ОК 9
Тема 1.2. Системы сил и условия их равновесия. Центр тяжести	Тестирование Устный опрос Письменный опрос Самостоятельная работа	У 8 3 1	ПК1.1,ПК1.2, ПК2.5, ОК 9
Тема 1.3. КИНЕМАТИКА Основные понятия кинематики. Кинематика точки	Тестирование Устный опрос Письменный опрос Самостоятельная работа	У 8 3 1 3.4	ПК1.1,ПК1.2, ПК2.5, ОК 9
Тема 1.4. Простейшие движения твёрдого тела. Сложное движение точки и твёрдого тела	Тестирование Устный опрос Письменный опрос Самостоятельная работа	У 8 3 1 3.4	ПК1.1, ПК1.3, ПК 2.5, ОК 9
Тема 1.5. ДИНАМИКА Основные понятия и аксиомы динамики. Понятие о трении. Движение материальной точки. Метод кинестатики	Тестирование Устный опрос Письменный опрос Самостоятельная работа	У 8 3 1	ПК1.1, ПК1.3, ПК 2.5, ОК 9
Тема 1.6. Работа и мощность. Теоремы динамики	Тестирование Устный опрос Письменный опрос Самостоятельная работа	У 2 У 8 3 1	ПК1.1, ПК1.3, ПК 2.5, ОК 9
Раздел 2. Сопротивление			

материалов			
Тема 2.1. Основные понятия сопротивления материалов-	Тестирование Устный опрос Письменный опрос Самостоятельная работа	У.6 У.8 3.5 3.8	ПК2.1, ПК2.2ПК2.4, ПК 2.5, ОК 9
Тема 2.2. Геометрические характеристики плоских сечений	Тестирование Устный опрос Письменный опрос Самостоятельная работа	У 1 У 3 3 2	ПК2.1, ПК2.2ПК2.4, ПК 2.5, ОК 9
Тема 2.3. Основные виды деформаций элементов конструкций	Тестирование Устный опрос Письменный опрос Самостоятельная работа	У 1 У 3 У5 У 6 3 2 3.5 3 6	ПК2.1, ПК2.2ПК2.4, ПК 2.5, ОК 9
Тема 2.4. Гипотезы прочности и их применение. Сопротивление усталости	Тестирование Устный опрос Письменный опрос Самостоятельная работа	У 1 У 3 У5 У 6 3 2 3.5 3 6	ОК9,ПК2.4, ПК2.6
Тема 2.5. Устойчивость сжатых стержней	Тестирование Устный опрос Письменный опрос Самостоятельная работа	У 1 У 3 У5 У 6 3 2 3.5 3 6	ОК9,ПК2.4, ПК2.6
Раздел 3. Детали машин			
Тема 3.1. Основные понятия. Общие сведения о передачах	Тестирование Устный опрос Письменный опрос Самостоятельная работа	У 1 У 2 У3 У 4 У 7 У8 3 3 3.4 3 8	ОК9,ПК2.4, ПК2.6
Тема 3.2. Механические передачи	Тестирование Устный опрос Письменный опрос Самостоятельная работа	У 1 У 2 У3 У 4 У 7 У8 3 3 3.4 3 8	ОК9,ПК3.3, ПК4.1, ПК4.2
Тема 3.3. Детали вращения.	Тестирование Устный опрос Письменный опрос Самостоятельная работа	У 1 У 2 У3 У 4 У 7 У8 3 3 3.4 3 7 3 8	ОК9,ПК4.3,ПК4.5
Тема 3.4. Соединение деталей машин.	Тестирование Устный опрос Письменный опрос Самостоятельная работа	У 1 У 2 У3 У 4 У 7 У8 3 3 3.4 3 7 3 8	ОК9, ПК4.3,ПК4.5

в) Несколько сил, сумма которых равна нулю.

г) Система сил, под действием которых свободное тело может находиться в покое.

6. Чему равна равнодействующая трёх приложенных к телу сил, если $F_1=F_2=F_3=10\text{кН}$? Куда она направлена?



а) 30 кН, вправо.

б) 30 кН, влево

в) 10 кН, вправо.

г) 20 кН, вниз.

7. Какого способа не существует при сложении сил, действующих на тело?

а) геометрического;

б) графического;

в) тензорного;

г) аналитического;

8. Две силы $F_1=30\text{Н}$ и $F_2=40\text{Н}$ приложены к телу под углом 90° друг другу. Чему равна их равнодействующая?

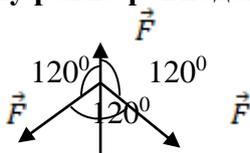
а) 70Н.

б) 10Н.

в) 50Н.

г) 1200Н.

9. Чему равна равнодействующая трёх сил, если $F_1=F_2=F_3=10\text{ кН}$?



а) 0 кН. б) 10 кН.

в) 20 кН. г) 30 кН.

10. Что называется моментом силы относительно точки (центра)?

а) Произведение модуля этой силы на время её действия.

б) Отношение силы, действующей на тело, к промежутку времени, в течение которого эта сила действует.

в) Произведение силы на квадрат расстояния до точки (центра).

г) Произведение силы на кратчайшее расстояние до этой точки (центра).

11. Когда момент силы считается положительным?

а) Когда под действием силы тело движется вперёд.

б) Когда под действием силы тело вращается по ходу часовой стрелки.

в) Когда под действием силы тело движется назад.

г) Когда под действием силы тело вращается против хода часовой стрелки.

12. Что называется парой сил?

а) Две силы, результат действия которых равен нулю.

б) Любые две силы, лежащих на параллельных прямых.

в) Две силы, лежащие на одной прямой, равные между собой, но противоположные по направлению.

г) Две силы, лежащие на параллельных прямых, равные по модулю, но противоположные по направлению.

13. Что называется центром тяжести?

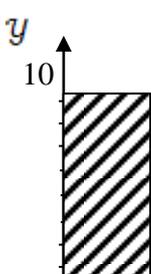
а) Это точка, в которой может располагаться масса тела.

б) Это точка, через которую проходит равнодействующая сил тяжести, действующих на частицы данного тела.

в) Это точка приложения силы тяжести.

г) Это точка, в которой совпадают центр симметрии тела и центра тяжести тела.

14. Назовите координаты центра тяжести фигуры, изображенной на рисунке $C(x; y)$



а) $C(4; 25; 3)$

б) $C(8; 4,5)$

1 • C
4 12 x

- в) C(5; 3)
г) C(3; 4; 25)

15. Какой формулой нужно воспользоваться, чтобы найти координату x_c центра тяжести фигуры, выполненной из тонкой проволоки?

- а) $X_c = \frac{1}{V} \sum(V_i \cdot X_i)$ б) $X_c = \frac{1}{l} \sum(l_i \cdot x_i)$
в) $X_c = \frac{1}{S} \sum(S_i \cdot X_i)$ г) $X_c = \sum(m_i \cdot l_i^2)$

Тема II: «Кинематика»

1. Что изучает кинематика?

- а) Движение тела под действием приложенных к нему сил.
б) Виды равновесия тела.
в) Движение тела без учета действующих на него сил.
г) Способы взаимодействия тел между собой.

2. Что из ниже перечисленного не входит в систему отсчёта?

- а) Способ измерения времени. б) Пространство.
в) Тело отсчёта. г) Система координат, связанная с телом отсчёта.

3. Какого способа не существует для задания движения точки (тела)?

- а) Векторного. б) естественного.
в) Тензорного. г) Координатного.

4. Движение тела описывается уравнением $x = 12 + 6,2t - 0,75t^2$. Определите скорость тела через 2с после начала движения.

- а) 21,4 м/с б) 3,2 м/с
в) 12 м/с г) 6,2 м/с

5. Движение тела описывается уравнением $x = 3 - 12t + 7t$. Не делая вычислений, назовите начальную координату тела и его начальную скорость.

- а) 12м; 7м/с б) 3м; 7м/с
в) 7м; 3м/с г) 3м; -12м/с

6. Чему равно ускорение точек на ободе колеса диаметром 40см, движущегося со скоростью 36 км/ч?

- а) 250 м/с² б) 1440 м/с²
в) 500 м/с² г) 4 м/с²

7. Определите полное ускорение тела, для которого $a_n = 4\text{м/с}^2$, $a_\tau = 3\text{м/с}^2$

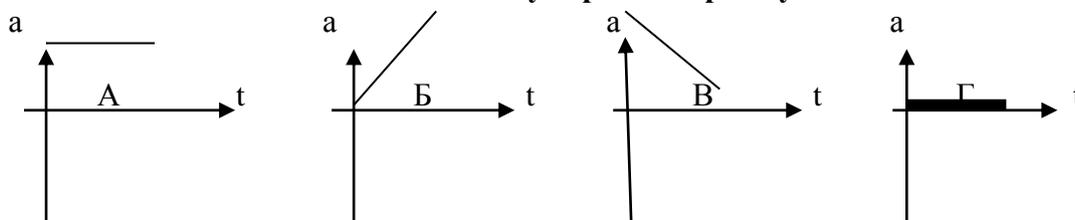
- а) 7 м/с² б) 1 м/с²
в) 5 м/с² г) 25 м/с²

8. Тело вращается согласно уравнению: $\varphi = 50 + 0,1t + 0,02t^2$. Не делая вычислений,

определите угловую скорость вращения ω и угловое ускорение ϵ этого тела.

- а) 50 рад/с; 0,1 рад/с² б) 0,1 рад/с; 0,02 рад/с²
в) 50 рад/с; 0,02 рад/с² г) 0,1 рад/с; 0,04 рад/с²

9. На рисунке изображены графики зависимости ускорения от времени для разных движений. Какой из них соответствует равномерному движению?



- а) график А
в) график В

- б) график Б
г) график Г

10. По дорогам, пересекающимся под прямым углом, едут велосипедист и автомобилист. Скорости велосипедиста и автомобилиста относительно дороги соответственно равны 8 м/с и 15 м/с. Чему равен модуль скорости автомобилиста относительно велосипедиста?

- а) 1 м/с
в) 9 м/с

- б) 3 м/с
г) 17 м/с

11. в вагоне поезда, скорость которого равна 1 мс, навстречу движению идет пассажир со скоростью 1,5 м/с. Чему равна по модулю скорость пассажира для людей, стоящих на платформе?

- а) 0,5 м/с
в) 0 м/с

- б) 2,5 м/с
г) 1,5 м/с

12. На рисунке показан график зависимости координаты автомобиля от времени. Какова скорость автомобиля?



- а) -2 м/с
б) -0,5 м/с
в) 0,5 м/с
г) 2 м/с

13. Моторная лодка развивает скорость 4 м/с. За какое минимальное время лодка может пересечь реку шириной 200 м при скорости течения реки 3 м/с.

- а) 50 с
в) 40 с

- б) 200 с
г) 0,02 с

14. Тело совершает движение, уравнение которого $x = 10 \cdot \sin(20t + 5)$. В соответствии с этой формулой циклическая частота равна:

- а) 5 рад/с
в) 20 рад/с

- б) 10 рад/с
г) 25 рад/с

15. Движение тела описывается уравнением $x = 12 + 6,2t + 0,75t^2$. Определите скорость и ускорение тела через 2с после начала движения.

- а) 6,2 м/с; 0,75 м/с²
в) 0,75 м/с; 6,2 м/с²

- б) 9,2 м/с; 1,5 м/с²
г) 0,15 м/с; 12 м/с²

16. Автомобиль, движущийся равномерно и прямолинейно со скоростью 60 км/ч, увеличивает в течение 20 с скорость до 90 км/ч. Определите какое ускорение получит автомобиль и какое расстояние он проедет за это время, считая движение равноускоренным?

- а) 0,415 м/с²; 417 м
в) 15 м/с²; 120 км

- б) 45 м/с²; 180 м
г) 0,045 м/с²; 30 км

17. Движение точки по прямолинейной траектории описывается уравнением $s = 0,2t^3 - t^2 + 0,6t$. Определите скорость и ускорение точки в начале движения.

- а) 0,2 м/с; 0,6 м/с²
в) 0,6 м/с; -2 м/с²

- б) 0,6 м/с; -1 м/с²
г) 0,2 м/с; -0,6 м/с²

Тема III: «Динамика»

1. Товарный вагон, движущийся с небольшой скоростью, сталкивается с другим вагоном и останавливается. Какие преобразования энергии происходят в данном процессе?

- а) Кинетическая энергия вагона преобразуется в потенциальную энергию пружины.
б) Кинетическая энергия вагона преобразуется в его потенциальную энергию.
в) Потенциальная энергия пружины преобразуется в её кинетическую энергию.
г) Внутренняя энергия пружины преобразуется в кинетическую энергию вагона.

2. Равнодействующая всех сил, действующих на автомобиль «Волга» массой 1400 кг, равна 2800 Н. Чему равно изменение скорости автомобиля за 10 сек?

- а) 0
в) 0,2 м/с
- б) 2 м/с
г) 20 м/с
3. Масса тела 2г, а скорость его движения 50 м/с. Какова энергия движения этого тела?
а) 2,5 Дж
в) 50 Дж
- б) 25 Дж
г) 100 Дж
4. Молоток массой 0,8 кг ударяет по гвоздю и забивает его в доску. Скорость молотка в момент удара 5м/с, продолжительность удара равна 0,2 с. Средняя сила удара равна:
а) 40 Н
в) 80 Н
- б) 20 Н
г) 8 Н
5. Автомобиль движется со скоростью 40 м/с. Коэффициент трения резины об асфальт равен 0,4. Наименьший радиус поворота автомобиля равен:
а) 10 м
в) 400 м
- б) 160 м
г) 40 м
6. Тело массой 5 кг движется по горизонтальной прямой. Сила трения равна 6 Н. Чему равен коэффициент трения?
а) 8,3
в) 0,83
- б) 1,2
г) 0,12
7. Парашютист опускается равномерно со скоростью 4 м/с. Масса парашютиста с парашютом равна 150 кг. Сила трения парашютиста о воздух равна:
а) 6000 Н
в) 1500 Н
- б) 2400 Н
г) 375 Н
8. Два тела массами $m_1=0,1$ кг и $m_2=0,2$ кг летят навстречу друг другу со скоростями $v_1 = 20$ м/с и $v_2 = 10$ м/с. Столкнувшись, они слипаются. На сколько изменилась внутренняя энергия тел при столкновении?
а) на 19 Дж
в) на 30 Дж
- б) на 20 Дж
г) на 40 Дж
9. Мальчик массой 40 кг стоит в лифте. Лифт опускается с ускорением 1 м/с^2 . Чему равен вес мальчика?
а) 400 Н
в) 440 Н
- б) 360 Н
г) 320 Н
10. Проводя опыт, вы роняете стальной шарик на массивную стальную плиту. Ударившись о плиту, шарик подскакивает вверх. По какому признаку, не используя приборов, вы можете определить, что удар шарика о плиту не является абсолютно упругим?
а) Абсолютно упругих ударов в природе не бывает.
б) На плите останется вмятина.
в) При ударе шарик деформируется.
г) Высота подскока шарика меньше высоты, с которой он упал.
11. С яблони, высотой 5 м, упало яблоко. Масса яблока 0,6 кг. Кинетическая энергия яблока в момент касания поверхности Земли приблизительно равна:
а) 30 Дж
в) 8,3 Дж
- б) 15 Дж
г) 0,12 Дж
12. Пружину жесткостью 30 Н/м растянули на 0,04 м. Потенциальная энергия растянутой пружины:
а) 750 Дж
в) 0,6 Дж
- б) 1,2 Дж
г) 0,024 Дж
13. Навстречу друг другу летят шарики из пластилина. Модули их импульсов соответственно равны $5 \cdot 10^{-2}$ кг·м/с и $3 \cdot 10^{-2}$ кг·м/с. Столкнувшись шарики слипаются. Чему равен импульс слипшихся шариков?
а) $8 \cdot 10^{-2}$ кг·м/с
в) $2 \cdot 10^{-2}$ кг·м/с
- б) $4 \cdot 10^{-2}$ кг·м/с
г) $1 \cdot 10^{-2}$ кг·м/с

14. Гвоздь длиной 10 см забивают в деревянный брус одним ударом молотка. В момент удара кинетическая энергия молотка равна 3 Дж. Определите среднюю силу трения гвоздя о дерево бруса?

- а) 300 Н
 в) 0,3 Н
 б) 30 Н
 г) 0,03 Н

15. Упавший и отскочивший от поверхности Земли мяч подпрыгивает на меньшую высоту, чем та, с которой он упал. Чем это объясняется?

- а) Гравитационным притяжением мяча к Земле.
 б) Переходом при ударе кинетической энергии мяча в потенциальную.
 в) Переходом при ударе потенциальной энергии мяча в кинетическую.
 г) Переходом при ударе части механической энергии мяча в тепловую.

16. Тело массой 10 кг поднимают вверх по наклонной плоскости силой 1,4 Н. Угол наклона 45°. Чему равен коэффициент трения?

- а) 0,2
 в) 2
 б) 0,02
 г) 0,14

17. Какая сила действует на тело массой 10 кг, если это тело движется согласно уравнению: $x=4t^2-12t+6$.

- а) 90 Н
 в) 70 Н
 б) 80 Н
 г) 60 Н

18. Какой мощности электродвигатель необходимо поставить на лебедку, чтобы она могла поставить груз массой 1,2 т на высоту 20 м за 30 с?

- а) 8 кВт
 в) 3,6 кВт
 б) 72 кВт
 г) 720 кВт

19. Какая формула отражает основной закон динамики вращательного движения?

- а) $F = m \cdot a$
 в) $\omega = \varphi'(t)$
 б) $\sigma = x'(t)$
 г) $T = J \cdot \varepsilon$

20. Ракета массой 5 т поднимается на высоту 10 км за 20 с. Чему равна сила тяги двигателя ракеты?

- а) $2,5 \cdot 10^5$ Н
 в) $4,5 \cdot 10^5$ Н
 б) $3 \cdot 10^5$ Н
 г) $5,5 \cdot 10^5$ Н

**Раздел II: «Соппротивление материалов»
 Тема I «Растяжение и сжатие»**

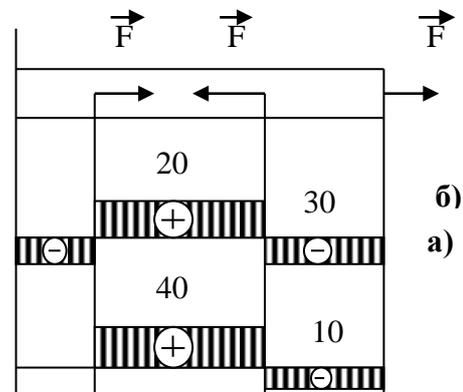
1. Какой формы тела не существует?

- а) Брус
 в) Оболочка
 б) Штатив
 г) Массив

2. Прочность это:

- а) Способность конструкции выдерживать заданную нагрузку не разрушаясь и без появления остаточных деформаций.
 б) Способность конструкции сопротивляться упругим деформациям.
 в) Способность конструкции сохранять первоначальную форму упругого равновесия.
 г) способность конструкции не накапливать остаточные деформации.

3. Брус нагружен продольными силами $F_1=30$ Н; $F_2=50$ Н; $F_3=40$ Н. Какая из эпюр продольных сил построена правильно?



г)
4. На брус круглого поперечного сечения диаметром 10 см действует продольная сила 314 кН. Рассчитайте напряжение.

- а) 4 МПа
б) 40 кПа
в) 40 МПа
г) 4 Па

5. Какая из формул выражает закон Гука при деформации растяжения (сжатия)?

- а) $\sigma = \frac{F}{A}$
б) $\sigma = \frac{F}{i \cdot A}$
в) $\sigma = E \cdot \varepsilon$
г) $\sigma = \frac{F}{i \cdot d \cdot \delta}$

6. На сколько переместится сечение бруса длиной 1 м под действием продольной силы в 1 кН. Сечение бруса 2 см², а модуль Юнга 2 МПа?

- а) 2,5 м
б) 2,5 см
в) 2,5 мм
г) 25 см

7. Как называется график зависимости между растягивающей силой и соответствующим удлинением образца материала?

- а) Спектрограмма
б) Голограмма
в) Томограмма
г) Диаграмма

8. Пластичность – это

- а) Способность материала, не разрушаясь, воспринимать внешние механические воздействия.
б) Способность материала давать значительные остаточные деформации, не разрушаясь.
в) Способность материала восстанавливать после снятия нагрузки свои первоначальные формы и размеры.
г) Способность материала сопротивляться проникновению в него другого тела практически не получающего остаточных деформаций.

9. Чему равен коэффициент запаса прочности, если предельное напряжение 100 МПа, а расчетное напряжение 80 МПа?

- а) 0,25
б) 0,2
в) 0,8
г) 1,25

10. Чтобы прочность конструкции не нарушилась, коэффициент запаса прочности должен быть:

- а) $n=1$
б) $n>1$
в) $n<1$
г) $n \geq 1$

11. Какого вида расчетов не существует в «сопротивлении материалов»?

- а) Проектного расчета
б) расчета на допустимую нагрузку
в) Проверочного расчета
г) Математического расчета

12. Рассчитайте коэффициент запаса прочности для стальной тяги, площадь поперечного сечения которой 3,08 см², находящийся под действием силы 40 кН. Допустимое напряжение $[\sigma] = 160$ МПа

- а) 12,3
б) 8,1
в) 0,81
г) 1,23

13. Из условия прочности известно, что допустимая сила, действующая на одну заклепку 105 кН. Максимальная нагрузка на конструкцию 27 МН. Сколько заклепок необходимо поставить?

- а) 250
б) 257
в) 258
г) 260

14. При расчете заклепочных соединений на смятие учитывается:

- а) наименьшая толщина склепываемых элементов
- б) наибольшая толщина склепываемых элементов
- в) толщина всех склепываемых деталей
- г) диаметр заклепки

15. Твердость – это

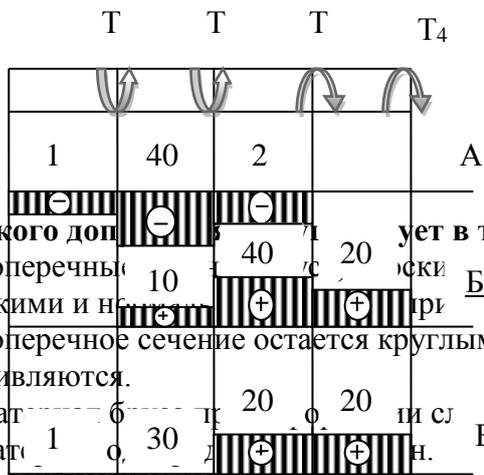
- а) Способность материала, не разрушаясь, воспринимать внешние механические воздействия.
- б) Способность материала давать значительные остаточные деформации, не разрушаясь.
- в) Способность материала восстанавливать после снятия нагрузок свои первоначальные формы и размеры.
- г) Способность материала сопротивляться проникновению в него другого тела практически не получающего остаточных деформаций.

Тема II: «Кручение»

1. Какой вид деформации называется кручением?

- а) Это такой вид деформации, при котором в поперечном сечении возникает внутренний силовой фактор – крутящий момент.
- б) Это такой вид деформации, при котором на гранях элемента возникают касательные напряжения.
- в) Это такой вид деформации, при котором в поперечном сечении возникает внутренний силовой фактор – продольная сила.
- г) Это такой вид деформации, при котором в поперечном сечении возникает внутренний силовой фактор – поперечная сила

2. На рисунке изображен брус, нагруженный четырьмя моментами $T_1= 10 \text{ кН} \cdot \text{м}$; $T_2= 30 \text{ кН} \cdot \text{м}$; $T_3= 20 \text{ кН} \cdot \text{м}$; $T_4= 20 \text{ кН} \cdot \text{м}$. В каком случае правильно построена эпюра крутящих моментов?



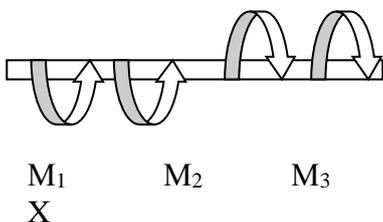
3. Какого допущения нет в теории кручения бруса?

- а) Поперечные сечения остаются плоскими и перпендикулярными оси до деформации, остаются плоскими и перпендикулярными оси при деформации.
- б) Поперечное сечение остается круглым, радиусы не меняют своей длины и не искривляются.
- в) Материал бруса под действием крутящего момента подчиняется закону Гука.
- г) Материал бруса однородный.

4. Что называется крутящим моментом?

- а) Произведение силы на квадрат расстояния до центра тяжести сечения.
- б) Момент касательных напряжений, возникающих в поперечном сечении.
- в) Произведение силы на расстояние до центра тяжести сечения.
- г) Произведение массы тела на квадрат расстояния по оси кручения.

5. Если $M_1= 5 \text{ кН} \cdot \text{м}$; $M_2= 10 \text{ кН} \cdot \text{м}$; $M_3= 20 \text{ кН} \cdot \text{м}$, то чему равен момент X ?



- а) – 5 кН·м
- б) 10 кН·м
- в) - 15 кН·м
- г) 20 кН·м

6. Для наиболее наглядного представления о характере изменения внутренних силовых факторов при нагрузках на брус принято строить...

- а) графики; б) эпюры;
в) диаграммы; г) фигуры.

7. Касательные напряжения при поперечном изгибе рассчитываются по формуле...

- а) Пуассона; б) Журавского;
в) Мора; г) Гука.

8. Вычислить интеграл Мора можно по правилу...

- а) Буравчика; б) Верещагина;
в) Ленца; г) Сжатых волокон.

9. Какое выражение называется формулой Журавского?

а) $\tau = \frac{Q_y \cdot S_{отс}}{J_x \cdot b}$

б) $\tau = \frac{Q}{A}$

в) $n = \frac{[\tau]}{\tau}$

г) $\tau = \frac{Q}{\pi d^2 \cdot k \cdot i}$

10. Какой дифференциальной зависимости не существует между распределенной нагрузкой q , поперечной силой Q_y и изгибающим моментом?

а) $\frac{dQ}{dz} = q$

б) $\frac{dM_x}{dz} = Q_y$

в) $\frac{d^2 M_x}{dz^2} = q$

Критерии оценки

Раздел 1

Тема 1

1 - Б	6 - В	11 - Б
2 - Б	7 - В	12 - Г
3 - Г	8 - В	13 - Б
4 - В	9 - А	14 - Г
5 - Г	10 - Г	15 - Б

Тема 2

1 - В	6 - В	11 - А	16 - А
2 - В	7 - В	12 - А	17 - В
3 - В	8 - Г	13 - В	
4 - Б	9 - Г	14 - В	
5 - Г	10 - Г	15 - Б	

Тема 3

1 - А	6 - Б	11 - А	16 - Б
2 - Г	7 - В	12 - Г	17 - Б
3 - А	8 - В	13 - В	18 - А
4 - Б	9 - Б	14 - Б	19 - Г
5 - В	10 - Г	15 - Г	20 - А

Раздел 2

Тема 1

1 - Б	6 - А	11 - Г
2 - А	7 - Г	12 - Г
3 - Г	8 - Б	13 - В
4 - В	9 - Г	14 - А
5 - В	10 - Б	15 - Г

Тема 2

1 - А	6 - А
2 - Б	7 - А
3 - Г	8 - Г
4 - Б	
5 - А	

Тема 3

1 - Б	6 - Б
2 - Б	7 - Б
3 - Г	8 - Б
4 - Г	9 - А
5 - В	10 - Г

3.2 Материалы для проведения промежуточного контроля

Вопросы для контрольного среза

1. Задачи теоретической механики.
2. Правило построения эпюр.
3. Понятие сила и система сил.
4. Общие сведения о цепных передачах. Детали цепных передач.
5. Аксиомы статики: первая и вторая.
6. Линейные и угловые перемещения при изгибе.
7. Аксиомы статики: третья и четвёртая.
8. Изгиб, внутренние силовые факторы и правило знаков при изгибе.
9. Основные гипотезы и допущения в «Сопроотивлении материалов».
10. Общие сведения о шпоночных соединении
11. Свободное и несвободное тело. Реакция.
12. Напряжения в поперечных сечениях бруса. Активная и реактивная сила.
13. Растяжение и сжатие. Правило знаков.
14. Виды связей и реакции: свободное опирание тела о связь, шарнирно-подвижная опора, гибкая связь.
15. Диаграмма растяжения для пластичных материалов.
16. Виды связей и реакции: стержневая связь, шарнирно-неподвижная опора.

17. предельные и допускаемые напряжения.
18. Принцип освобожденности от связей.
19. Виды расчетов на прочность.
20. Что называется плоской системой сходящихся сил, геометрическое условие равновесия системы.
21. Геометрические характеристики плоских сечений.
22. Порядок построения многоугольника сил.
23. Кручение. Гипотезы при кручении.
24. Что называется плоской системой сходящихся сил, аналитическое условие равновесия системы.
25. Формы элементов конструкций.
26. Проекция вектора на ось, знаки проекций.
26. Классификация нагрузок.
27. Пара сил, момент пары сил, свойства пар сил.
28. Устойчивость сжатых стержней.
29. 1. Момент силы относительно точки.
30. Виды машин, требования к машинам и деталям.
31. Теорема Пуансо о параллельном переносе сил
32. Классификация передач.
33. Определение координат центра тяжести плоских простейших фигур.
34. Общие сведения о фрикционных передачах.
35. Методы определения центра тяжести.
35. Виды разрушения зубьев зубчатых передач.
36. Общие сведения о редукторах.
37. Общие сведения о соединениях с натягом.
38. Механические свойства материалов.
39. Общие сведения о резьбовых соединениях. Классификация и основные типы резьб.
40. Стандартные крепежные детали

Вопросы по разделу 1 «Статика»

1 Теоретическая механика

Теоретическая механика — это наука о механическом движении твердых материальных тел и их взаимодействии. Механическое движение понимается как перемещение тел в пространстве и во времени по отношению к другим телам, в частности, к Земле. **Статика** изучает условия равновесия тел под действием сил.

Кинематика рассматривает движение тел как перемещение в пространстве; характеристики тел и причины, вызывающие движение, не рассматриваются.

Динамика изучает движение тел под действием сил.

Сила — это мера механического взаимодействия материальных тел между собой. Взаимодействие характеризуется величиной и направлением, т. е. сила — это величина векторная, характеризующаяся точкой приложения, направлением (линией действия), величиной (модулем).

Силы, действующие на тело (или систему сил), делятся на **внешние** и **внутренние**. Внешние силы бывают активные и реактивные. **Активные** силы вызывают перемещение тела, **реактивные** стремятся противодействовать перемещению тела под действием внешних сил.

Системой сил называют совокупность сил, действующих на тело.

Эквивалентная система сил — система сил, действующая так же, как заданная.

Уравновешенной (эквивалентной нулю) системой сил называется такая система, которая, будучи приложенной к телу, не изменяет его состояния.

Систему сил, действующих на тело, можно заменить

одной **равнодействующей**, действующей так, как

2 Аксиомы статики.

Все теоремы и уравнения статики выводятся из нескольких исходных положений, называемых аксиомами

Первая аксиома. Под действием уравновешивающей системы сил абсолютно твердое тело или материальная точка находятся в равновесии или движутся равномерно и прямолинейно (закон инерции).

Вторая аксиома. Две силы, равные по модулю и направленные по одной прямой в разные стороны, уравновешиваются.

Третья аксиома. Не нарушая механического состояния тела, можно добавить или убрать уравновешивающую систему сил (принцип отбрасывания системы сил, эквивалентной нулю).

Четвертая аксиома (правило параллелограмма сил). Равнодействующая двух сил, приложенных к одной точке, приложена к той же точке и является диагональю параллелограмма, построенного на этих силах как на сторонах.

Пятая аксиома. При взаимодействии тел всякому действию соответствует равное и противоположно направленное противодействие

.Следствие из второй и третьей аксиом. Силу, действующую на твердое тело, можно перемещать вдоль линии ее действия.

3 Типы связей и их реакции.

Все тела делятся на **свободные и связанные**.

Свободные тела — это тела, перемещение которых не ограничено.

Связанные тела — это тела, перемещение которых ограничено другими телами.

Тела, ограничивающие перемещение других тел, называют **связями**.

Силы, действующие от связей и препятствующие перемещению, называют **реакциями связей**. Реакция связи всегда направлена с той стороны, куда нельзя перемещаться.

Всякое связанное тело можно представить свободным, если связи заменить их реакциями (принцип освобождения от связей)

Связи делятся на несколько типов.

Связь — гладкая опора (без трения) — реакция опоры приложена в точке опоры и всегда направлена перпендикулярно опоре.

Гибкая связь (нить, веревка, трос, цепь) — груз подвешен на двух нитях. Реакция нити направлена вдоль нити от тела, при этом нить может быть только растянута

.Жесткий стержень — стержень может быть сжат или растянут. Реакция стержня направлена вдоль стержня

Стержень работает на растяжение или сжатие. Точное направление реакции определяют, мысленно убрав стержень и рассмотрев возможные перемещения тела без этой связи.

Возможным перемещением точки называется такое бесконечно малое мысленное перемещение, которое допускается в данный момент.

Шарнирная опора. Шарнир допускает поворот вокруг точки закрепления. Различают два вида шарниров.

4. Определение равнодействующей геометрическим способом

Система сил, линии действия которых пересекаются в одной точке, называется сходящейся.

Необходимо определить равнодействующую системы сходящихся сил ($F_1; F_2; F_3; \dots; F_n$), где n — число сил, входящих в систему

В соответствии со следствиями из аксиом статики, все силы системы можно переместить вдоль линии

действия, и все силы окажутся приложенными к одной точке.

Используя свойство векторной суммы сил, можно получить равнодействующую любой сходящейся системы сил, складывая последовательно силы, входящие в систему.

Образуется многоугольник сил.

При графическом способе определения равнодействующей векторы сил можно вычерчивать в любом порядке, результат (величина и направление равнодействующей) при этом не изменится

Вектор равнодействующей направлен навстречу векторам силслагаемых. Такой способ получения равнодействующей называется геометрическим.

Многоугольник сил строится в следующем порядке.

1. Вычертить векторы сил заданной системы в некотором масштабе один за другим так, чтобы конец предыдущего вектора совпал с началом последующего.
2. Вектор равнодействующей замыкает полученную ломаную линию; он соединяет начало первого вектора с концом последнего и направлен ему навстречу.
3. При изменении порядка вычерчивания векторов в многоугольнике меняется вид фигуры. На результат порядок вычерчивания не влияет.

5. Определение равнодействующей аналитическим способом

Проекция сил на ось определяется отрезком оси, отсекаемой перпендикулярами, опущенными на ось из начала и конца вектора

Величина проекции силы на ось равна произведению модуля силы на косинус угла между вектором силы и положительным направлением сил. Проекция имеет знак: положительный при одинаковом направлении вектора силы и оси и отрицательный при направлении в сторону отрицательной полуоси.

Проекция силы на две взаимно перпендикулярные оси.

$$F_x = F \cos \alpha > 0$$

$$F_y = F \cos \beta = F \sin \alpha > 0$$

Величина равнодействующей равна векторной (геометрической) сумме векторов системы сил. Определим равнодействующую аналитическим способом. Выберем систему координат, определим проекции всех заданных векторов на эти оси. Складываем проекции всех векторов на оси x и y .

$$F_{\Sigma x} = F_1x + F_2x + F_3x + F_4x;$$

$$F_{\Sigma y} = F_1y + F_2y + F_3y + F_4y.$$

Модуль (величину) равнодействующей можно определить по известным проекциям.

6. Пара сил. Момент силы

Парой сил называется система двух сил, равных по модулю, параллельных и направленных в разные стороны

Пара сил вызывает вращение тела, и ее действие на тело оценивается моментом. Силы, входящие в пару, не уравниваются, так как они приложены к двум точкам.

Действие этих сил на тело не может быть заменено одной равнодействующей силой.

Момент пары сил численно равен произведению модуля силы на расстояние между линиями действия сил **плеча пары**.

Момент считается положительным, если пара вращает тело по часовой стрелке.

$$M(f, f') = Fa; M > 0.$$

Плоскость, проходящая через линии действия сил пары, называется плоскостью действия пары.

Свойства пар сил.

1. Пару сил можно перемещать в плоскости ее действия.
2. Эквивалентность пар. Две пары, моменты которых равны, эквивалентны (действие их на тело аналогично).
3. Сложение пар сил. Систему пар сил можно заменить равнодействующей парой. Момент равнодействующей пары равен алгебраической сумме моментов пар, составляющих систему:

$$M\Sigma = F_1a_1 + F_2a_2 + F_3a_3 + \dots + F_n a_n;$$

7. Плоская система произвольно расположенных сил

Теорема Пуансо о параллельном переносе сил.

Силу можно перенести параллельно линии ее действия, при этом нужно добавить пару сил с моментом, равным произведению модуля силы на расстояние, на которое перенесена сила.

Приведение к точке плоской системы произвольно расположенных сил.

Все силы системы переносят в одну произвольно выбранную точку, называемую **точкой приведения**.

При этом применяют теорему Пуансо. При любом переносе силы в точку, не лежащую на линии действия, добавляют пару сил.

Появившиеся при переносе пары называют **присоединенными парами**.

Образующую систему пар сил можно заменить одной эквивалентной парой — **главным моментом системы**.

Главный вектор равен геометрической сумме векторов произвольной плоской системы сил.

Главный момент системы сил равен алгебраической сумме моментов сил системы относительно точки приведения.

$$M_{ГЛЮ} = m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_n;$$

Влияние точки приведения. Точка приведения выбрана произвольно..

8. Пространственная сходящаяся система сил

Момент силы относительно оси равен моменту проекции силы на плоскость, перпендикулярную оси, относительно точки пересечения оси с плоскостью.

$$M_{00}(F) = n p F a,$$

где a — расстояние от оси до проекции $n p F$ — проекция силы на плоскость, перпендикулярную оси 00 .

Момент считается положительным, если сила разворачивает тело по часовой стрелке (смотреть со стороны положительного направления оси).

Если линия действия силы пересекает ось или линия действия силы параллельна оси, моменты силы относительно этой оси равны нулю.

Силы и ось лежат в одной плоскости, они не могут повернуть тело вокруг оси.

Вектор в пространстве. В пространстве вектор силы проецируется на три взаимно перпендикулярные оси координат. Проекции вектора образуют ребра прямоугольного параллелепипеда, вектор силы совпадает с диагональю

Модуль вектора определяется из формулы:

$$\text{где } F_x = F \cos \alpha_x;$$

$$F_y = F \cos \alpha_y;$$

$$F_z = F \cos \alpha_z;$$

$\alpha_x, \alpha_y, \alpha_z$ — угол между вектором F и осями координат.

Пространственная сходящаяся система сил — это система сил, не лежащих в одной плоскости, линии действия которых пересекаются в одной точке.

Равнодействующую пространственной системы сил можно определить, построив пространственный многоугольник:

$$F_{\Sigma} = F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_n.$$

Равнодействующая системы сходящихся сил приложена в точке пересечения линий действия сил системы.

Модуль равнодействующей можно определить аналитически, используя метод проекций — совмещая начало координат с точкой пересечения линий действия сил системы, и, проецируя все силы на оси координат

. Суммируем соответствующие проекции, получаем проекции равнодействующей на оси координат.

Модуль равнодействующей системы сходящихся сил:

Направление вектора равнодействующей определяется углами.

9. Центр тяжести

Сила тяжести — равнодействующая сил, она распределена по всему объему тела.

Для определения точки приложения силы тяжести (равнодействующей параллельных сил) применим теорему Вариньона о моменте равнодействующей:

«Момент равнодействующей относительно оси равен алгебраической сумме моментов сил системы относительно любой точки».

Тело состоит из нескольких частей, силы тяжести которых g_k приложены в центрах тяжести (ЦТ) этих частей.

Равнодействующая (сила тяжести всего тела) приложена в неизвестном пока центре G . x_C , y_C и z_C — координаты центра тяжести G .

x_k , y_k и z_k — координаты центров тяжести частей тела.

В однородном теле сила тяжести пропорциональна объему $V: G = \gamma V$, где γ — вес единицы объема.

Вопросы по разделу 2 «Кинематика»

1. Основные понятия кинематики

Основные кинематические параметры.

Траектория — это линия, которую очерчивает материальная точка при движении в пространстве; траектория может быть прямой и кривой, плоской и пространственной линией.

Пройденный путь. Путь (S) измеряется вдоль траектории в направлении движения.

Уравнение движения точки. Уравнение, которое определяет положение движущейся точки в зависимости от времени, называется уравнением движения точки. Положение точки в каждый момент времени можно определить по расстоянию, пройденному вдоль траектории от некоторой неподвижной точки, рассматриваемой как начало отсчета. Такой способ задания движения называется естественным.

Скорость движения. Это векторная величина, характеризующая в данный момент быстроту и направление движения по траектории. Если точка за равные промежутки времени проходит равные расстояния, то движение называется равномерным.

Ускорение точки. Векторная величина, характеризующая быстроту изменения скорости по величине и направлению, называется ускорением точки. Скорость точки при перемещении из одной точки в другую меняется по величине и направлению.

Нормальное ускорение характеризует изменение скорости по направлению .

2. Основные понятия кинематики

Основные кинематические параметры.

Траектория — это линия, которую очерчивает материальная точка при движении в пространстве; траектория может быть прямой и кривой, плоской и пространственной линией.

Пройденный путь. Путь (S) измеряется вдоль траектории в направлении движения.

Уравнение движения точки. Уравнение, которое определяет положение движущейся точки в зависимости от времени, называется уравнением движения точки.

Положение точки в каждый момент времени можно определить по расстоянию, пройденному вдоль траектории от некоторой неподвижной точки, рассматриваемой как начало отсчета. Такой способ задания движения называется естественным.

Скорость движения. Это векторная величина, характеризующая в данный момент быстроту и направление движения по траектории. Если точка за равные промежутки времени проходит равные расстояния, то движение называется равномерным.

Ускорение точки. Векторная величина, характеризующая быстроту изменения скорости по величине и направлению, называется ускорением точки. Скорость точки при перемещении из одной точки в другую меняется по величине и направлению.

Нормальное ускорение характеризует изменение скорости по направлению и определяется как $\frac{v^2}{r}$, где r — радиус кривизны ускорения траектории в данный момент.

Касательное ускорение характеризует изменение скорости по величине и всегда направлено по касательной к траектории; при ускорении его направление совпадает с направлением скорости; при замедлении оно направлено противоположно направлению вектора скорости.

3. Кинематика точки

Равномерное движение — это движение с постоянной скоростью: $v = \text{const}$.

Полное ускорение движения точки при этом равно нулю: $a = 0$.

Полное ускорение равно нормальному ускорению: $a = a_n$

Уравнение движения точки при равномерном движении в общем виде является уравнением прямой: $S = S_0 + vt$, где S_0 — путь, пройденный до начала отсчета.

Равнопеременное движение — это движение с постоянным касательным ускорением: $at = \text{const}$.

Полное ускорение равно касательному ускорению. Закон равнопеременного движения в общем виде, представляющий собой уравнение параболы.

Неравномерное движение. При неравномерном движении численные значения скорости и ускорения меняются.

Кинематические графики представляют собой графики изменения пути, скорости и ускорений в зависимости от времени.

Сложное движение точки. Движение точки можно разделить на абсолютное, относительное и переносное.

Абсолютным движением называется движение точки по отношению к системе отсчета, принимаемой за неподвижную.

Движение точки по отношению к подвижной системе отсчета называется относительным движением.

Движение подвижной системы отсчета и всех неизменно связанных с ней точек по отношению к неподвижной системе отсчета называется переносным движением.

4 Простейшие движения твердого тела

Поступательным движением называют такое движение твердого тела, при котором всякая прямая линия на теле при движении остается параллельной своему начальному положению.

При вращательном движении все точки тела описывают окружность вокруг общей неподвижной оси.

Неподвижная ось, вокруг которой вращаются все точки тела, называется осью вращения. Для описания вращательного движения вокруг неподвижной оси используются только угловые параметры.

Положение тела в любой момент определяется из уравнения:

$$\varphi = f(t).$$

Угловая скорость:

Для оценки быстроты вращения используется также угловая частота вращения n , которая оценивается в оборотах в минуту.

Это физически близкие величины.

Вопросы по разделу 3 «Динамика»

1. Основные понятия и аксиомы динамики

Динамика — это раздел теоретической механики, в котором устанавливается соотношение между движением тел и действующими на них связями.

Аксиомы динамики. Законы динамики обобщают результаты многочисленных опытов и наблюдений.

Механика, основанная на этих законах, сформулированных как аксиомы, называется классической.

Первая аксиома (принцип инерции). Всякая изолированная материальная точка находится в состоянии покоя или равномерного и прямолинейного движения, пока приложенные силы не выведут ее из этого состояния.

Это состояние называют состоянием инерции. Вывести точку из этого состояния, т. е. сообщить ей некоторое ускорение, может внешняя сила.

Всякое тело (точка) обладает инертностью. Мерой инертности является масса тела.

Массой называется количество вещества в объеме тела. В классической механике это величина постоянная.

Вторая аксиома (второй закон Ньютона — основной закон динамики). Зависимость между силой, действующей на материальную точку, и сообщаемым ей ускорением:

$$F = ma,$$

где m — масса тела;

a — ускорение точки.

Ускорение, сообщаемое материальной точке силой, пропорционально величине силы и совпадает с направлением силы. На все тела на Земле действует сила тяжести, она сообщает телу ускорение свободного падения, направленное к центру Земли:

$$G = mg,$$

где g — ускорение свободного падения.

Третья аксиома (третий закон Ньютона). Силы взаимодействия двух тел равны по величине и противоположны по направлению (направлены по одной прямой в противоположные стороны).

При взаимодействии ускорения обратно пропорциональны массам тел.

Четвертая аксиома (закон независимости действия сил). Каждая сила системы сил действует так, как она действовала бы одна.

Ускорение, сообщаемое точке системой сил, равно геометрической сумме ускорений, сообщаемых точке каждой силой в отдельности.

2 Трение. Виды трения

Трение — это сопротивление, возникающее при движении одного шероховатого тела по поверхности другого.

Трение скольжения. Причиной этого вида трения является механическое зацепление выступов. Сила сопротивления движению при скольжении называется силой трения скольжения.

Законы трения скольжения.

1. Сила трения скольжения прямо пропорциональна силе нормального давления:

$$F_{\text{тр}} = F_f$$

где R — сила нормального давления, направленная перпендикулярно опорной поверхности;

f — коэффициент трения скольжения.

Сила трения всегда направлена в сторону, обратную направлению движения.

2. Сила трения меняется от нуля до некоторого максимального значения, называемого силой трения покоя (статическое трение):

$0 < F_f \leq F_{f0}$, где F_{f0} — статическая сила трения (сила трения покоя).

3. Сила трения при движении меньше силы трения покоя. Сила трения при движении называется динамической силой трения (F_f). $F_f \leq F_{f0}$

Коэффициент трения скольжения зависит от следующих факторов:

- 1) от материала тела. Все материалы по этому параметру делятся на фрикционные (с большим коэффициентом трения) и антифрикционные (с малым коэффициентом трения);
- 2) от наличия смазки;
- 3) от скорости взаимного перемещения.

Трение качения. Сопротивление при качении связано с взаимной деформацией грунта и колеса и значительно меньше трения скольжения.

Обычно считают грунт мягче колеса, тогда в основном деформируется грунт, и в каждый момент колесо должно перекачиваться через выступ грунта. Для равномерного качения колеса необходимо прикладывать силу $F_{\text{ДВ}}$

. Условие качения колеса состоит в том, что движущий момент должен быть не меньше момента сопротивления.

3 Основы кинестатики

Материальная точка, движение которой в пространстве не ограничено какими-либо связями, называется свободной. Задачи решаются с помощью основного закона динамики.

Материальные точки, движение которых ограничено связями, называются несвободными. Для этих точек необходимо определять реакции связей. Они движутся под действием активных сил и ограничивающих движение реакций связей (пассивных сил).

Инертность — это способность тела сохранять свое состояние неизменным, это внутреннее свойство всех материальных тел.

Сила инерции — это сила, возникающая при разгоне или торможении тела (материальной точки) и направленная в обратную сторону от ускорения. Силу инерции можно измерить, она приложена к «связям» — телам, связанным с разгоняющимся или тормозящим телом.

Сила инерции определяется по формуле: $F_{\text{и}} = m|a|$.

При вращательном движении (криволинейном) возникающее ускорение принято представлять в виде двух составляющих: нормального a_n и касательного a_t

. Поэтому при рассмотрении вращательного движения возникают две составляющие силы инерции: нормальная и касательная. $a = a_t + a_n$;

При равномерном движении по дуге всегда возникает нормальное ускорение, касательное ускорение равно нулю, поэтому действует только нормальная составляющая силы инерции, направленная по радиусу из центра дуги.

Принцип Даламбера. Материальная точка под действием активных сил, реакций связей и условно приложенной силы инерции находится в равновесии:
 $F_{ин} = vma$

4 Работа

Работа постоянной силы на прямолинейном пути. В общем случае работа силы равна произведению модуля силы на длину пройденного пути и на косинус угла между направлением силы и направлением перемещения:

$$W = FScos\alpha.$$

Частные случаи работы.

1. Силы, совпадающие с направлением перемещения, называются движущими силами. Направление вектора силы совпадает с направлением перемещения.

2. Силы, перпендикулярные направлению перемещения, работы не производят.

Сила F перпендикулярна направлению перемещения.

3. Силы, направленные в обратную от направления перемещения сторону, называются силами сопротивления.

Сила F направлена в обратную от перемещения S сторону.

Следовательно, работа может быть положительной и отрицательной, в зависимости от направления силы и скорости.

5. Работа силы тяжести

. Эта работа зависит только от изменения высоты и равна произведению модуля силы тяжести на вертикальное перемещение:

$$W(G) = G(h_1 - h_2) = G\Delta h,$$

где Δh — изменение высоты.

При опускании работа положительна, при подъеме отрицательна.

Работа равнодействующей силы. В случае движения под действием системы сил пользуются теоремой о работе равнодействующей. Работа равнодействующей на некотором перемещении равна алгебраической сумме работ системы сил на том же перемещении.

$$F\Sigma x = F$$

$$1 + F_2 + F_3 + F_4$$

6 Мощность.

Мощность — это работа, выполняемая в единицу времени:

$$\text{Мощность при поступательном движении: } P = Fvc \cos\alpha,$$

где F — модуль силы, действующей на тело;

$v_{ср}$ — средняя скорость движения тела.

Средняя мощность при поступательном движении равна произведению модуля силы на среднюю скорость перемещения и на косинус угла между направлением силы и скорости.

Мощность при вращении.

$$P = Mv_{\omega ср}, \text{ где } \omega ср \text{ — средняя угловая скорость; } Mv_{\omega ср} \text{ — вращающий момент.}$$

Мощность силы при вращении равна произведению вращающего момента на среднюю угловую скорость.

Коэффициент полезного действия. Любая машина и механизм, совершая работу, тратит часть энергии на преодоление сопротивлений. Кроме полезной работы, машина совершает еще и дополнительную работу.

7. Коэффициент полезного действия

Отношение полезной работы к полной работе или полезной мощности к всей затраченной мощности называется коэффициентом полезного действия

(КПД):

Полезная работа (мощность) расходуется на движение с заданной скоростью и определяется по формулам:

$$W = F S \cos \alpha;$$

$$P = F v \cos \alpha;$$

8 Общие теоремы динамики

Теорема об изменении количества движения.

Количеством движения материальной точки называется векторная величина, равная произведению массы точки на ее скорость mv . Вектор количества движения совпадает по направлению с вектором скорости.

Произведение постоянного вектора силы на некоторый промежуток времени, в течение которого действует эта сила, называется импульсом силы Ft . Вектор импульса силы по направлению совпадает с вектором силы.

Согласно основному уравнению динамики, после некоторых преобразований можно получить соотношение между количеством движения и импульсом силы:

$$Ft = m(v - v_0).$$

Это соотношение выражает теорему об изменении количества движения точки.

Теорема об изменении кинетической энергии.

Энергией называется способность тела совершать механическую работу. Существуют две формы механической энергии: потенциальная энергия, или энергия положения, и кинетическая энергия, или энергия движения.

Потенциальная энергия (Π) определяет способность тела совершать работу при опускании некоторой высоты до уровня моря. Потенциальная энергия численно равна работе силы тяжести.

Кинетическая энергия (K) определяется способностью движущегося тела совершать работу.

. Затраченная мощность больше полезной на величину мощности, идущей на преодоление трения в звеньях машины, на утечки и подобные потери.

Чем выше КПД, тем совершеннее машина.

9. Кинетическая энергия

Кинетическая энергия — это скалярная величина.

Изменение кинетической энергии на некотором пути равно работе всех действующих на точку сил на том же пути.

Центр масс системы — это условная точка, в которой сосредоточена вся масса тела.

Обычно считают, что в центре масс приложены все внешние силы. В поле земного притяжения центр масс совпадает с центром тяжести.

Основное уравнение динамики вращающегося тела.

Рассматривая твердое тело как механическую систему, разобьем ее на множество материальных точек с массами Δm_k

. Каждая точка движется по окружности радиуса r с касательным ускорением.

Основное уравнение динамики вращающегося тела: $Mz = Jz\varepsilon$,

где Mz — сумма моментов внешних сил относительно оси.

Момент инерции тела в этом выражении определяет меру инертности тела при его вращении.

Вопросы по сопромату

1 Виды расчетов в сопротивлении материалов

К основным механическим свойствам материалов относятся.

Прочность — это способность материала не разрушаться под нагрузкой.

Жесткость — способность незначительно деформироваться под нагрузкой.

Выносливость — способность длительное время выдерживать переменные нагрузки.

Устойчивость — способность сохранять первоначальную форму упругого равновесия.

Вязкость — способность воспринимать ударные нагрузки.

В соответствии с механическими свойствами материалов применяются следующие виды расчетов:

Расчет на прочность обеспечивает стойкость конструкции к разрушению.

Расчет на жесткость обеспечивает деформации конструкции под нагрузкой в пределах допустимых норм.

Расчет на выносливость обеспечивает необходимую долговечность элементов конструкции.

Расчет на устойчивость обеспечивает сохранение необходимой формы равновесия и предотвращает внезапное искривление длинных стержней.

Для обеспечения прочности конструкций, работающих при ударных нагрузках (при ковке, штамповке и т. д.), производятся расчеты на удар.

1. Материалы являются однородными, т. е. в любой точке материалы имеют одинаковые физикохимические свойства.
2. Материалы представляют сплошную среду — кристаллическое строение и микроскопические дефекты не учитываются.
3. Материалы изотропны — механические свойства не зависят от направления нагружения.
4. Материалы обладают идеальной упругостью — полностью восстанавливают форму и размеры после снятия нагрузки.

2. Допущения о характере деформации

Все материалы под нагрузкой деформируются, т. е. меняют форму и размеры.

Характер деформации можно проследить при испытании материалов на растяжение.

Перед испытанием цилиндрический образец закрепляется в захватах разрывной машины, растягивается и доводится до разрушения. При этом фиксируется зависимость между приложенным усилием и деформацией. Получают график, называемый диаграммой растяжения.

3 Внешние и внутренние нагрузки.

Метод сечений

Внешние силы определяются методами теоретической механики, а внутренние — основным методом сопротивления материалов — методом сечений.

При определении сил используется система координат, связанная с телом. Чаще продольную ось детали обозначают z , начало координат совмещают с левым краем и размещают в центре тяжести сечения.

Метод сечений заключается в мысленном рассечении тела плоскостью и рассмотрении равновесия любой из отсеченных частей.

Если все тело находится в равновесии, то и каждая его часть находится в равновесии под действием внешних и внутренних сил. Внутренние силы определяются из уравнений равновесия, составленных для рассматриваемой части тела.

Рассечем тело плоскостью и рассмотрим его правую часть. На нее действуют внешние силы F_4, F_5, F_6 и внутренние силы упругости q_k , распределенные по сечению. Систему распределенных сил можно заменить главным вектором R_0 , помещенным в центр тяжести сечения, и суммарным моментом сил M_0 .

Разложив главный вектор R_0 по осям, получим три составляющие.

$R_0 = N_z + Q_y + Q_x$, где N_z — продольная сила; Q_x — поперечная сила по оси x ; Q_y — поперечная сила по оси y .

Главный момент также можно представить в виде моментов пар сил в трех плоскостях проекции.

Полученные составляющие сил упругости называются внутренними силовыми факторами.

Величина внутренних силовых факторов определяется из уравнений.

Из этих уравнений следует, что: 1) N_z — продольная сила, равная алгебраической сумме проекций на ось Oz внешних сил, действующих на отсеченную часть бруса, вызывает растяжение или сжатие; 2) Q_x — поперечная сила, равная алгебраической сумме проекций внешних сил на ось Ox

3) Q_y — поперечная сила, равная алгебраической сумме проекций на ось Oy внешних сил, действующих на отсеченную часть.

Силы Q_x и Q_y вызывают сдвиг сечения.

M_z — крутящий момент, равный алгебраической сумме моментов внешних сил относительно продольной оси Oz ; вызывает скручивание бруса.

M_x — изгибающий момент, равный алгебраической сумме моментов внешних сил относительно оси Ox .

M_y — изгибающий момент, равный алгебраической сумме моментов внешних сил относительно оси Oy . Моменты M_x и M_y вызывают изгиб бруса в соответствующей плоскости.

4 Деформация растяжения, сжатия

Растяжением или сжатием называют вид нагружения, при котором в поперечном сечении бруса возникает только один внутренний силовой фактор — продольная сила.

Если продольная сила направлена от сечения бруса, то брус растянут. Растяжение считают положительной деформацией.

Если продольная сила направлена к сечению бруса, то брус сжат. Сжатие считают отрицательной деформацией.

5. Гипотеза плоских сечений

. Поперечное сечение бруса, плоское и перпендикулярное продольной оси, после деформации остается плоским и перпендикулярным продольной оси.

Принцип смягчения граничных условий. В точках тела, удаленных от мест приложения нагрузки, модуль внутренних сил мало зависит от способа закрепления.

Поэтому при решении задач не уточняют способ закрепления.

При растяжении и сжатии в сечении действует только нормальное напряжение.

Напряжения в поперечных сечениях рассматриваются как силы, приходящиеся на единицу площади.

Направление и знак напряжения в сечении совпадают с направлением и знаком силы в сечении.

По гипотезе плоских сечений, можно допустить, что напряжение при растяжении и сжатии в пределах каждого сечения не меняется. Исходя из этого, напряжение можно рассчитать по формуле $N_z = \sigma A$ где N_z — продольная сила в сечении;

A — площадь поперечного сечения.

Величина напряжения прямо пропорциональна продольной силе и обратно пропорциональна площади поперечного сечения.

Нормальные напряжения действуют при растяжении от сечения, а при сжатии — к сечению.

При определении напряжений брус разбивают на участки нагружений, в пределах которых продольные силы не изменяются, и учитывают места изменений площади поперечных сечений.

В пределах упругости нормальные напряжения пропорциональны относительному удлинению.

При прочих равных условиях, чем жестче материал, тем меньше он деформируется.

$$\sigma = E \epsilon$$

6. Характеристики прочности и пластичности Механические характеристики.

При построении диаграммы рассчитываются величины, имеющие условный характер, усилия в каждой из точек делят на величину начальной площади поперечного сечения, хотя в каждый момент идет деформация, и площадь образца уменьшается. Диаграмма растяжения не зависит от абсолютных размеров образца.

Основные характеристики прочности:

1) предел пропорциональности $\sigma_{пц} = F_1 / A_0$;

2) предел упругости $\sigma_u = F_2 / A_0$;

3) предел текучести $\sigma_T = F_3 / A_0$;

4) предел прочности, или временное сопротивление разрыву $\sigma_{в} = F_m a_x / A_0$,

где $A_0 = (\pi d^2)/4$ — начальная площадь сечения.

Характеристики пластичности материала.

где $\Delta l_m a_x$ — максимальное остаточное удлинение;

d — максимальное удлинение в момент разрыва

где $A_{ш}$ — площадь образца в месте разрыва;

ψ — максимальное сужение при разрыве.

Характеристики пластичности определяют способность материала к деформированию, чем выше значения δ и ψ , тем материал пластичнее.

Различные материалы поразному ведут себя под нагрузкой, характер деформаций и разрушения зависит от типа материала.

Материалы принято делить по типу их диаграмм растяжения на три группы.

К первой группе относят пластичные материалы,

эти материалы имеют на диаграмме растяжения площадку текучести (диаграммы первого типа).

Ко второй группе относятся хрупкие материалы, эти материалы мало деформируются, разрушаются по хрупкому типу. На диаграмме нет площадки текучести.

К третьей группе относят материалы, не имеющие площадки текучести, но значительно деформирующиеся под нагрузкой, их называют пластичнохрупкими.

Пластичнохрупкие материалы значительно деформируются, этого нельзя допустить в работающей конструкции. Поэтому их деформации обычно ограничивают. Максимально возможная относительная деформация $\epsilon = 0,2\%$

7 Предельные и допустимые напряжения. Условие прочности

Предельным напряжением считают напряжение, при котором в материале возникает опасное состояние (разрушение или опасная деформация).

Для пластичных материалов предельным напряжением считают предел текучести, при котором пластические деформации не исчезают после снятия нагрузки:

$$\sigma_{пр} = \sigma_m$$

Для хрупких материалов, где пластические деформации отсутствуют, а разрушение возникает по хрупкому типу (шейки не образуется), за предельное напряжение принимают предел прочности:

$$\sigma_{пр\text{ед}} = \sigma_{в}$$

Для пластичнохрупких материалов предельным напряжением считают напряжение, соответствующее максимальной деформации 0,2% ($\sigma_{0,2}$):

$$\sigma_{пр\text{ед}} = \sigma_{0,2}$$

Допускаемое напряжение — максимальное напряжение, при котором материал должен нормально работать.

Допускаемый коэффициент запаса прочности

зависит от материала, условий работы детали, назначения детали, точности обработки и расчета и т. д.

Различные материалы при испытаниях на растяжение и сжатие ведут себя неодинаково.

1. Пластичные материалы одинаково работают при растяжении и сжатии. Механические характеристики при растяжении и сжатии одинаковы.
2. Хрупкие материалы обычно обладают большей прочностью при сжатии, чем при растяжении: $\sigma_{вр} < \sigma_{вс}$

8. Виды расчёта на прочность.

Существуют три вида расчета прочности.

1. Проектировочный расчет — задана расчетная схема и нагрузки; материал или размеры детали подбираются.

2. Проверочный расчет — известны нагрузки, материал, размеры детали; необходимо проверить, обеспечена ли прочность.

Проверяется неравенство:

3. Определение нагрузочной способности (максимальной нагрузки):

$$[N] = [\sigma]A.$$

$$] . [\sigma \leq \sigma_{вс} = AN$$

25. Деформации сдвига

Сдвигом называется нагружение, при котором в поперечном сечении бруса возникает только один силовой фактор — поперечная сила.

Рассмотрим брус, на который действуют равные по величине, противоположные по направлению, перпендикулярные продольной оси силы.

Применим метод сечений и определим внутренние силы упругости из условия равновесия каждой части бруса: $\sum F_y = 0$; $F - Q = 0$; $F = Q$,

где Q — поперечная сила.

Исходя из условий равновесия точки поперечного сечения, внутри бруса при возникновении касательного напряжения τ на правой вертикальной площадке такое же напряжение должно возникнуть и на левой площадке. Они образуют пару сил. Такое напряжение называется чистым сдвигом.

Здесь действует закон парности касательных напряжений.

При сдвиге выполняется закон Гука, который в данном случае записывается как $\tau = G\gamma$,

где τ — напряжение;

G — модуль упругости сдвига;

γ — угол сдвига.

Для упрощения расчетов деталей на сдвиг принимается ряд допущений:

- 1) при расчете на сдвиг изгиб деталей не учитывает

При кручении принимаются следующие гипотезы.

1. Плоских сечений: поперечное сечение бруса, плоское и перпендикулярное продольной оси, после деформации остается плоским и перпендикулярным продольной оси.

2. Радиус, проведенный из центра поперечного сечения бруса, после деформации остается прямой линией (не искривляется).

3. Расстояние между поперечными сечениями после деформации не меняется. Ось бруса не искривляется, диаметры поперечных сечений не меняются.

Кручением называется нагружение, при котором в поперечном сечении бруса возникает только один внутренний силовой фактор — крутящий момент.

Внешними нагрузками также являются две противоположно направленные пары сил.

Внутренние силовые факторы при кручении рассмотрим на примере круглого бруса. Брус рассечем плоскостью и рассмотрим равновесие отсеченной части.

Сечение рассматривается со стороны отсеченной части

С помощью интегрирования получим суммарный момент сил упругости, называемый крутящим моментом:

Крутящий момент в сечении равен сумме моментов внешних сил, действующих на отсеченную часть: $\sum m_z = 0$, т. е. $-m + M_z = 0$; $M_z = m = M_z$.

Крутящие моменты могут меняться вдоль оси бруса. После определения величин моментов по сечениям строится график — эпюра крутящих моментов вдоль оси бруса.

Крутящий момент считается положительным, если моменты внешних сил направлены по часовой стрелке, в этом случае момент внутренних сил упругости направлен против часовой стрелки.

Порядок построения эпюры. Ось эпюры параллельна оси бруса, значения моментов откладываются от оси вверх или вниз, масштаб построения выдерживают обязательно. $\int \int = \int \int = a \text{ Алрд} Q \text{ dm } M$.

11 Напряжения при кручении.

Рассмотрим поперечное сечение круглого бруса. Под действием внешнего момента в каждой точке поперечного сечения возникают силы упругости $dQ = \tau dA$,

где τ — касательное напряжение;

dA — элементарная площадка.

Суммарный момент сил упругости получается при сложении (интегрировании) элементарных моментов:

После некоторых преобразований получим формулу для определения напряжений в точке поперечного сечения:

Полученный интеграл J_p называется полярным моментом инерции сечения и является геометрической характеристикой сечения при кручении.

Анализ полученной формулы для J_p показывает, что слои, расположенные дальше от центра, испытывают большие напряжения

Центробежный момент инерции может быть положительным, отрицательным и равным нулю.

Центробежный момент инерции относительно осей, проходящих через центр тяжести сечения, равен нулю.

Оси, относительно которых центробежный момент равен нулю, называются главными.

Главные оси, проходящие через центр тяжести, называются главными центральными осями сечения.

Осевым моментом инерции сечения относительно некоторой оси, лежащей в этой же плоскости, называется взятая по всей площади сумма произведений элементарных площадок на квадрат их расстояния до этой оси.

Полярным моментом инерции сечения относительно некоторой точки (полюса) называется взятая по всей площади сумма произведений элементарных площадок на квадрат их расстояния до этой точки:
где p — расстояние до полюса (центра поворота);

12 Основные понятия

Изгибом называется такой вид нагружения, при котором в поперечном сечении бруса возникает внутренний силовой фактор — изгибающий момент.

Брус, работающий на изгиб, называется балкой. Плоскость, в которой расположены внешние силы и моменты, называют силовой плоскостью.

Если все силы лежат в одной плоскости, изгиб называют плоским.

Плоскость, проходящая через продольную ось бруса и одну из главных центральных осей его поперечного сечения, называется главной плоскостью бруса.

Если силовая плоскость совпадает с главной плоскостью бруса, изгиб называется прямым.

Если силовая плоскость не проходит через главную плоскость бруса, изгиб называют косым.

При изгибе на брус действуют внутренние силовые факторы.

Линия пересечения нейтрального слоя с плоскостью поперечного сечения бруса называется нейтральной осью.

Нейтральный слой проходит через центр тяжести сечения.

Величина изгибающего момента в сечении определяется из уравнения равновесия:

Изгиб, при котором в поперечном сечении бруса возникает только изгибающий момент, называется чистым изгибом.

Уравнение равновесия для участка бруса: $\sum F_y = 0; -F + Q_2 = 0; Q_2 = F = \text{const.}$

Изгибающий момент в сечении:

$M_x = m - F(z_2 - 0)$, где z_2 — расстояние от сечения 2 до начала координат.

Изгибающий момент зависит от расстояния сечения до начала координат.

Изгиб, при котором в поперечном сечении бруса возникают изгибающий момент и поперечная сила, называется поперечным изгибом.

13 Поперечные силы и изгибающие моменты

Поперечная сила в сечении бруса считается положительной, если она стремится повернуть сечение по часовой стрелке, если против — отрицательной. Если действующие на участке внешние силы стремятся изогнуть балку выпуклостью вниз, то изгибающий момент считается положительным, если наоборот — отрицательным.

Основные положения.

При чистом изгибе в поперечном сечении балки возникает только изгибающий момент, постоянный по величине.

При поперечном изгибе в сечении возникают изгибающий момент и поперечная сила.

Изгибающий момент в произвольном сечении балки численно равен алгебраической сумме моментов всех внешних сил, приложенных к отсеченной части, относительно рассматриваемого сечения.

Поперечная сила в произвольном сечении балки численно равна алгебраической сумме проекций всех внешних сил, действующих на отсеченной части на соответствующую ось.

Например, на балку действует пара сил с моментом и распределенная нагрузка интенсивностью g . Балка закреплена справа (рис. 9).

Рассечем балку на участке 1 на расстоянии z_1 от левого края.

Рассмотрим равновесие отсеченной части. Из уравнения: $\sum m_x = 0 \Rightarrow m - M_x = 0; M_x = m = \text{const.}$

Участок 1 является участком чистого изгиба.

Рассечем балку на участке 2 на расстоянии $z_2 > a$ от края; z_2 — расстояние сечения от начала координат.

Из уравнения $\sum F_y = 0$ найдем поперечную силу Q_2

. Заменим распределенную нагрузку на рассматриваемом участке равнодействующей силой $q(z_2 - a)$.

На втором участке возникает поперечный изгиб.

При действии распределенной нагрузки возникает поперечная сила, линейно зависящая от координаты сечения.

Изгибающий момент на участке с распределенной нагрузкой меняется в зависимости от координаты сечения по параболическому закону.

14 Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов

Последовательность построения эпюр поперечных сил и изгибающих моментов.

1. Под нагруженной балкой строим расчетнографическую схему.

2. Используя три уравнения: $\sum F_x = 0, \sum F_y = 0, \sum M(F) = 0$, определяем реакции опор балки (обязательно выполнить проверку решения).

3. Используя метод сечений, определяем значения поперечных сил в характерных точках, т. е. точках, в которых приложены внешние нагрузки (необходимо учитывать знаки моментов).

4. По полученным значениям поперечных сил строим эпюру Q_y ; под балкой проводим прямую, параллельную ее оси, и от этой прямой в характерных точках откладываем перпендикулярные поперечным силам отрезки, соответствующие выбранному масштабу.

5. Используя метод сечений, определяем величину M_i в тех же характерных точках и по полученным значениям строим эпюру изгибающих моментов.

Характерные особенности построения эпюр Q_y, M_i .

1. На участке балки, где действуют сосредоточенные силы, эпюра Q_y очерчивается прямой, параллельной оси балки, а эпюра M_i — наклонной прямой.

Участок 1 является участком чистого изгиба.

Рассечем балку на участке 2 на расстоянии $z_2 > a$ от края; z_2 — расстояние сечения от начала координат.

Из уравнения $\sum F_y = 0$

найдем поперечную силу Q_2

. Заменим распределенную нагрузку на рассматриваемом участке равнодействующей силой $q(z_2 - a)$.

На втором участке возникает поперечный изгиб. При действии распределенной нагрузки возникает поперечная сила, линейно зависящая от координаты сечения.

Изгибающий момент на участке с распределенной нагрузкой меняется в зависимости от координаты сечения по параболическому закону.

15 Устойчивость сжатых стержней

Продольным изгибом называется деформация стержня большой длины от сжимающей нагрузки в результате потери жесткости или потери упругости.

Нагрузка, при которой стержень теряет устойчивость, называется критической силой. Она определяется по формуле Эйлера: где E — модуль упругости первого рода (модуль Юнга); J_m и n — минимальный осевой момент инерции сечения;

μ — коэффициент приведения длины, который характеризует зависимость критической силы от способа закрепления конца стержня.

Для того чтобы стержень сохранял устойчивую форму равновесия, величина сжимающей силы должна быть меньше критической: $F_{сж} < F_{кр}$

Величина, которая показывает, во сколько раз сжимающая сила должна быть меньше критической силы, называется рабочим коэффициентом устойчивости. Условие устойчивости сжатых стержней: рабочий коэффициент устойчивости должен быть больше или равен допустимому коэффициенту устойчивости: Под действием критической силы в поперечных сечениях стержня возникает критическое напряжение, которое определяется по формуле:

Вопросы по деталям машин

1 Основные понятия

Машиной называется агрегат, производящий полезную работу. Машины различаются по назначению, размерам и конструкции, но все состоят из одинаковых по форме и назначению элементов — деталей.

Деталью называется элементарная часть машины, не подлежащая разборке, например, вал, гайка, болт.

Деталь, к которой крепятся остальные детали, называется базовой.

Несколько деталей, соединенных между собой, называются узлом. Несколько соединенных узлов представляют собой сборочную единицу, или машину.

Любая машина всегда состоит из трех механизмов:

- 1) рабочий орган, или исполнительный механизм;
- 2) двигатель;
- 3) передача.

Рабочий орган выполняет определенную производственную функцию. Например, экскаватор должен копать землю, его рабочим органом является ковш, стрела, напорный механизм. Чтобы он работал, нужен источник энергии — двигатель.

Чтобы передать энергию к рабочему органу, нужна передача.

Механизмом называется устройство, совершающее строго закономерные движения. Как правило, механизм является составной частью машины.

Ко всем деталям машин предъявляются следующие требования:

- 1) прочность;
- 2) экономичность (высокий КПД);
- 3) низкая стоимость;
- 4) простота управления и безопасность обслуживания;
- 5) эстетичность.

2. Разъемные соединения

Соединения в машинах делятся на две основные группы — подвижные и неподвижные.

Подвижные соединения служат для обеспечения относительного вращательного, поступательного или сложного движения деталей. Неподвижные соединения предназначены для жесткого скрепления деталей между собой или для установки машин на основаниях и фундаментах. Неподвижные соединения, в свою очередь, могут быть разъемными и неразъемными.

Разъемные соединения (болтовые, шпоночные, зубчатые и др.) допускают многократную сборку и разборку без разрушения соединительных деталей.

Неразъемные соединения (заклепочные, сварные, клеевые и др.) могут быть разобраны лишь путем разрушения соединяющих элементов (заклепок, сварного шва и т. д.).

К резьбовым относятся соединения деталей с помощью болтов, винтов, гаек, шпилек, стяжек, резьбовых муфт и т. д.

Резьбой называется винтовая линия, нанесенная на цилиндрическую или коническую поверхность.

К крепежным резьбам относятся:

1. Основная метрическая — характеризуется наружным диаметром d , шагом p и углом профиля 60° .

2. Мелкая метрическая — характеризуется точно так же, как основная, но имеет более мелкий шаг.

Преимущества мелкой резьбы следующие: лучшее сопротивление самоотвинчиванию; выше прочность, меньше ослабление тела болта резьбой.

3. Дюймовая — характеризуется наружным диаметром d (в дюймах), углом профиля 55° и количеством ниток на один дюйм длины резьбы.

Крепежная резьба бывает правая и левая. К специальным резьбам относятся 1. Грузовая — бывает прямоугольная, упорная и трапецеидальная 2. Трубная дюймовая. 3.

Коническая. 4. Круглая. 5. Часовая — диаметр меньше 1 мм. 6. Многоходовая. 7. Модульная

(червяк). 8. Питчевая. Болты бывают черные (допуски не нормируются), полчиственные (имеют определенные допуски) и чистые (специально подогнанные). Средства против

самоотвинчивания. Самоотвинчиванием называется произвольное отвинчивание болта или гайки в результате вибрации. Против самоотвинчивания применяются: 1) прорезная или коробчатая гайка со шплинтом; 2) шайбы-гроверы; 3) контргайки; 4) различные стопоры; 5) сопряжение по конической поверхности соединения

3. Расчет резьбовых соединений

Соединение бывает напряженное и ненапряженное.

Ненапряженным называется такое соединение, когда гайка закручена, но не затянута (например, хвостовой крюк подъемного крана). При отсутствии внешней нагрузки в резьбе нет напряжений. Напряженным называется такое соединение, когда гайка затянута и при отсутствии внешней нагрузки в резьбе действует напряжение, вызванное затяжкой гайки.

Расчет резьбового соединения при действии нагрузки вдоль оси болта. Проверка прочности болтов на растяжение при осевом усилии проводится по формуле:

где $[\sigma] = 20\text{—}90$ МПа — для напряженного соединения;

$[\sigma] = 90$ МПа — для ненапряженного соединения.

Из этой формулы можно поределить d .

Расчет резьбового соединения при действии нагрузки перпендикулярно оси болта.

В этом случае возможны два варианта:

- 1) постановка болта с зазором;
- 2) постановка чистого болта без зазора.

При постановке болта с зазором болт работает на растяжение. Между деталями создается сила трения $F_t = p = 1,3F$; где f — коэффициент трения; z — количество болтов.

Уравнение прочности на растяжение:

Из этой формулы можно определить F , z или d .

При постановке чистого болта без зазора болт работает на срез.

Условие прочности на срез: где d — диаметр болта; i — число срезов.

Резьба в этом случае не работает, а служит для предотвращения выпадения болта и принимается конструктивно.

4. Шпоночные соединения

Шпонка служит для относительно неподвижного соединения зубчатого колеса, шкива или полумуфты с валом.

Шпонка бывает: на лыске; фрикционная; врезная (наиболее распространенная шпонка); тангенциальная (применяется при больших мощностях, хорошо работает только в одном направлении).

Если работа реверсивная, устанавливают две шпонки под углом 120° ; сегментная — применяется при небольших мощностях, очень удобна в монтаже.

Врезные шпонки бывают призматические (с прямыми и скругленными торцами) и клиновые (без головки и с головкой).

Уклон должен быть не более $1/5$, иначе шпонка не будет держаться. Головка служит для демонтажа.

Достоинства шпонок: простота изготовления; низкая стоимость.

Недостатки: ослабление вала; недостаточное центрирование.

5. Шлицевые и штифтовые соединения

Шлицевые соединения. Шлицевые зубья бывают прямозубые, эвольвентные и треугольные.

Центрирование может быть осуществлено по наружной или внутренней поверхности, для эвольвентных зубьев — по боковым поверхностям. Зубья нарезаются на фрезерных, зуборезных или долбежных станках.

Шлицевые соединения широко применяются в коробках передач. Соединения с треугольными зубьями применяются для различных рукояток и фиксируются болтами

6. Заклепочное соединение

Заклепочное соединение — это один из древнейших способов соединения.

Заклепки применяют для скрепления деталей, изготовленных из листового или полосового материала или из фасонных прокатных профилей. В связи с развитием сварки, применение заклепочных соединений сокращается. В настоящее время заклепочные соединения широко применяют в авиации, кораблестроении.

Обладают своими достоинствами и недостатками.

К достоинствам заклепочных соединений относятся: простота технологии, высокая прочность, подвижность соединения, что предотвращает появление трещин.

Недостатки: очень низкая производительность заклепки, большой расход материала, ослабление детали отверстием, недостаточная герметичность.

Заклепочное соединение образуется расклепыванием стержня длиной l и диаметром d заклепки, вставляемой в отверстие диаметром d_0 соединяемых деталей.

Замыкающая головка образуется вследствие пластической деформации выступающей из отверстия части стержня заклепки, а остальная часть стержня заполняет отверстие.

Отверстия в деталях сверлят либо продавливают.

Клепка бывает ручная и машинная (пневматическим молотками, прессами и т. д.), холодная или горячая (при $d > 12$ — только горячая). Нагрев перед клепкой облегчает формирование головки и улучшает качество соединения.

7. Сварные соединения

Сваркой называется технологический процесс соединения металлических деталей путем местного нагрева зоны их соприкосновения до расплавленного (сварка плавлением) или пластического состояния с применением механического усилия (сварки давлением).

Сварка имеет ряд преимуществ по сравнению с заклепочными и литыми соединениями:

- 1) высокая прочность и плотность соединения;
- 2) высокая производительность сварки;
- 3) небольшой расход металла;
- 4) возможность ремонта и реставрации деталей;
- 5) возможность соединения деталей криволинейной формы.

Недостатки сварных соединений: сложное оборудование для сварки; высокие требования к квалификации рабочего.

Сварные швы бывают стыковые и угловые (валиковые).

Шов может быть одно- и многослойным.

Сварочный ток: $t_c v = (30 \text{ ч } 50) d_{эл}$, где $d_{эл}$ — диаметр электрода.

Расчет стыкового шва. Стыковой шов работает на растяжение. Нагрузка, которую может нести шов: $F = [vс в]A$, где A — площадь сварного шва.

8. Передачи. Основные понятия

Передачей называется устройство, предназначенное для передачи вращающего момента от двигателя к рабочему органу. Передачи позволяют передавать энергию на расстояние, как правило, с преобразованием вращающих моментов (или сил), скоростей, а иногда и характера движения (например, вращательное движение преобразуется в поступательное). Передачи, в общем случае, бывают механические, гидравлические, пневматические и электрические.

Во всех механических передачах вал и насаженные на него детали (зубчатые колеса, шкивы, катки и т. п.), передающие вращающий момент, называются ведущими, а детали, приводимые во вращение от ведущих — ведомыми. Между ведущими и ведомыми валами в многоступенчатых передачах располагаются промежуточные валы.

Кинематические и силовые соотношения в передачах. Вращающий момент на валу: где P — передаваемая мощность;

ω — угловая скорость;

n — частота вращения.

Передачным отношением (или передаточным числом) называется отношение угловых скоростей ведущего и ведомого валов (или частот вращения).

Если механизм состоит из одной передаточной пары, он называется простым. Механизм, состоящий более чем из одной передаточной пары, называется сложным.

Передачное отношение каждой пары в отдельности называется частным, всего механизма — общим.

Общее передаточное отношение равно произведению частных передаточных отношений.

Коэффициент полезного действия передачи

(КПД) — это отношение отводимой энергии к подводимой.

9. Классификация механических передач

Передачи классифицируются по двум признакам:

1) по способу передачи движения:

а) трением — фрикционные, ременные, канатные;

б) зацеплением — зубчатые, червячные, винтовые, цепные;

2) по способу соединения ведущего и ведомого звеньев:

а) непосредственным соприкосновением — фрикционные, зубчатые, червячные, винтовые;

б) с дополнительной связью — ременные, цепные.

10. Зубчатые передачи

Зубчатой называется передача с помощью зубчатых колес. Это наиболее распространенный вид передачи.

Обладают следующими достоинствами:

1) большая передаваемая мощность (практически неограниченная);

2) высокая надежность работы;

3) постоянство передаточного отношения;

4) долговечность;

5) простота в обслуживании;

6) возможность преобразования вращательного движения в поступательное;

7) высокий КПД.

Недостатки:

1) малая технологичность (сложность изготовления);

2) изменение при работе.

В большинстве случаев зуб имеет профиль эвольвенты, поэтому зацепление называется эвольвентным.

Зацепление бывает внешним и внутренним.

Зубчатые колеса бывают:

1) цилиндрические прямозубые;

2) цилиндрические косозубые;

3) шевронные;

4) шевронные с дорожкой, или раздвоенные. Отличаются простотой изготовления;

5) цилиндрические с винтовым зубом. Применяются в перекрещивающихся валах;

6) конические прямозубые;

7) конические косозубые;

8) конические с винтовым зубом;

9) с зацеплением Новикова. Дают возможность при тех же размерах передавать мощность в 2—2,5 раза больше;

10) с винтовым зацеплением. Обладают очень большим передаточным числом, плавностью, но срок службы очень мал.

11. Прямозубая передача

Расчет параметров зубчатого колеса. При вращении зубчатых колес имеют место окружности, которые катятся друг по другу без скольжения с угловыми скоростями, обратно пропорциональными их диаметрам. Такие окружности называются начальными, или делительными. Физически они не существуют понятие о них введено для построения теории зацепления. В основе расчета зубчатых колес лежит модуль.

Модулем называется отношение диаметра делительной окружности d к числу зубьев z :

Окружность, проходящая через вершину зубьев, называется окружностью выступов, а проходящая через основание зубьев — окружностью впадин.

Расстояние между серединами двух зубьев на начальной окружности называется шагом p .

Зависимость между шагом и модулем:

$$p = m\pi, \text{ или } m = p/\pi.$$

Размер b называется длиной зуба, размер s — толщиной зуба:

$$b = m\psi,$$

где $\psi = 6 \text{ ч } 12$ — коэффициент ширины зуба.

Размер S_1 называется шириной впадины:

для литых колес Размеры S и S_1 получаются сами при нарезании.

Межосевое расстояние:

Линия и угол зацепления. Точка соприкосновения зубьев от начала зацепления до выхода перемещается по прямой, которая называется линией зацепления.

Угол, под которым линия зацепления наклонена к общей касательной начальных окружностей, называется углом зацепления. Стандартный угол зацепления $\alpha = 20^\circ$.

12. Корректирование и подрезание.

Корректированием называется изменение высоты или профиля зуба. Корректирование бывает высотное и угловое.

Корректирование делается в целях усиления прочности, создания компактности, корректирования межосевого расстояния. При высотном корректировании:

$$h_a = 0,8m, \quad h_f = m.$$

Если $\alpha = 20^\circ$, зуб будет с угловым корректированием.

При $\alpha > 20^\circ$ зуб толще, при $\alpha < 20^\circ$ — зуб тоньше.

Для того чтобы не было заклинивания при большом передаточном отношении, иногда делается подрезание зуба.

Сила взаимодействия в зубчатой паре. Сила взаимодействия между зубьями F_n всегда направлена по линии зацепления.

Перенесем эту силу на ось симметрии зуба в точку O и разложим на две составляющие F_{ti} и F_r . Таким образом, сила взаимодействия между зубьями дает двесоставляющие — окружную F_t и радиальную F_r силы: $F_r = F_t \tan \alpha$.

Передаточное число — это отношение парааметров колес:

КПД прямозубой передачи $\eta = 0,98$.

13. Расчет прямозубой передачи.

При работе зубчатой пары в зубе возникают два вида напряжений: напряжение изгиба от окружной силы F_t и контактное местное напряжение от давления одного зуба на другой.

Если передача открытая, на зубе появляются задиры, и он разрушается от напряжения изгиба. Поэтому открытые передачи рассчитываются только на изгиб.

В закрытых передачах абразивного износа не происходит. Зубы работают дольше.

Длительная работа приводит к усталости материала — образованию микротрещин. На зубьях появляются пятна, затем раковины, происходит выкрашивание материала. И зуб разрушается от контактных напряжений. Поэтому закрытые передачи рассчитываются на контактную прочность, представляющую собой расчет на усталость, с последующей проверкой на изгиб.

14. Коническая передача

Коническая передача применяется при пересекающихся валах для изменения направления оси вала.

Передаточное отношение:

Достоинства конической передачи: возможность передачи движения между скрещивающимися и пересекающимися осями валов.

Недостатки: повышенный уровень шума; более низкая плавность работы; меньше КПД, чем у прямозубой и косозубой передачи ($\eta = 0,92$).

Модуль по длине зуба неодинаков. За стандартный принимается максимальный модуль, который называется производственным.

Вместо межосевого расстояния в конической передаче применяется конусное расстояние R_e (длина образующей конуса):

где d_{e1} — внешний делительный диаметр шестерни.

Максимальный модуль обозначается m_e (или m), средний — m_s р.

Углы при вершинах равны: $\delta_1 = \arctg i$, $\delta_2 = \arctg i$, $\delta = \delta_1 + \delta_2$

Окружные силы шестерни и колеса одинаковы:

Осевые силы F_{a1} и F_{a2}

всегда направлены к основанию конуса и стремятся вывести колесо из зацепления.

При расчете зубьев на изгиб вначале определяется средний модуль:

Все коэффициенты для конических передач выбираются по тем же таблицам, что и для прямозубых.

15. Фрикционная передача

Фрикционная передача работает за счет трения между двумя катками (например, швейная машина, магнитофон).

Достоинства фрикционной передачи: простота конструкции; плавность и бесшумность работы; возможность регулирования частоты вращения.

Недостатки: малая передаваемая мощность; проскальзывание (непостоянство передаточного отношения); сильный износ; большая сила нажатия Q ; низкий КПД ($\eta = 0,88—0,9$).

Катки могут быть стальные, обрешиненные, текстолитовые.

Передача может быть цилиндрической с гладкими катками, клиновыми или коническими. Клиновые катки применяются для уменьшения силы нажатия, но при этом уменьшается КПД.

Расчет фрикционной передачи.

1. Определяется передаточное отношение:

2. Определяются диаметры катков и окружная сила: $D1 \approx 3d$,

где d — диаметр ведущего вала,

16. Передача винт—гайка

Передача винт—гайка служит для преобразования вращательного движения в поступательное. Применяется в домкратах, прессах, тисках. Вращаться может либо гайка, тогда винт совершает поступательное движение (например, домкрат), либо винт, тогда гайка с закрепленной деталью совершает поступательное движение (например, тиски).

Достоинства передачи винт—гайка: простота конструкции; компактность; надежность; плавность и бесшумность работы; большой выигрыш в силе; высокая точность перемещений.

Недостатки: сильный износ резьбы; низкий КПД.

Винты бывают грузовые (тиски, домкраты), ходовые (токарные станки), установочные (микрометр).

Существует также передача для преобразования поступательного движения во вращательное (например, юла). При этом должен быть очень большой шаг резьбы.

Скорость поступательного движения: где p — шаг резьбы; n — частота вращения.

За один оборот штурвала гайка переместится поступательно на величину шага резьбы p , следовательно, передаточное отношение:

Так как радиус штурвала R можно сильно увеличить, то передаточное отношение i будет очень большим. Следовательно, во много раз увеличится сила.

Винт обычно изготавливают из стали, гайку — из чугуна или бронзы.

КПД передачи: $\eta = 0,5 \text{ ч } 0,7$,

Чем меньше трение между винтом и гайкой, тем выше КПД. Число витков резьбы гайки должно быть не более 10.

17. Червячная передача

Червячная передача состоит из червяка и червячного колеса и применяется между скрещивающимися осями валов. Принцип работы — зубчатоовинтовая передача. В червячной паре действует трение скольжения.

Червяк изготавливают из стали с последующей закалкой и шлифованием, для изготовления червячного колеса или его венца используются бронза или чугун.

Достоинства червячной передачи: плавность и бесшумность работы; компактность; большое передаточное число (от 8 до 80); возможность самоторможения.

Недостатки: низкий КПД (не более 0,8); сильный нагрев; малая передаваемая мощность (до 50 кВт); сильный износ.

Червяки бывают однозаходные и многозаходные.

Число заходов обозначается z_1 , число зубьев червячного колеса — z_2 . Для определения заходов нужно смотреть с торца.

Передаточное число: где z_1 — число зубьев колеса; z_2 — число зубьев червяка.

Червяк представляет собой винт с модульной нарезкой. Нарезка бывает левая и правая. В червячной паре имеются нормальный и торцовый шаг, нормальный и торцовый модуль. В основе расчета лежит торцовый модуль m .

18. Ременная передача

Ременная передача работает за счет трения и относится к передаче с гибкой связью.

Гибкой связью является ремень. Ремни бывают плоские, клиновые, зубчатые и круглые (последние называются пассиками).

Плоские ремни бывают кожаные, прорезиненные, текстильные и цельнотканые). Пассики бывают кожаные, резиновые, из шпагата, стальные.

Достоинства ременной передачи: простота конструкции; большое межосевое расстояние; плавность и бесшумность работы; сглаживание толчков.

Недостатки: малая передаваемая мощность; громоздкость; проскальзывание; ненадежность; большие нагрузки на валы.

В зависимости от расположения ремня, передача

бывает: открытая; перекрестная; полуперекрестная, с натяжным роликом.

Концы ремней соединяются склеиванием, сшиванием или скобками.

Передаточное число: где η — коэффициент проскальзывания катков; ω_2 — теоретическая угловая скорость ведомого вала; ω_1 — реальная угловая скорость).

КПД ременной передачи $\eta = 0,95—0,97$.

19. Цепная передача

Цепная передача относится к передаче зацеплением с гибкой связью (цепью). Цепи бывают втулочно-роликовые и зубчатые. Зубчатые цепи лучше, бесшумнее, но они дороги и тяжелы. Применяются зубчатые цепи при больших скоростях.

Достоинства цепной передачи: большое межосевое расстояние (до 8 мм); отсутствие проскальзывания; передача больших мощностей (до 3000 кВт); компактность.

Недостатки: шум при работе; сильный износ цепи; удлинение цепи.

Передача состоит из цепи и звездочек. Для работы передачи необходимо натяжное устройство. Концы цепи соединяются специальным замком. Цепи характеризуются шагом цепи.

20. Валы и оси

Валом называется вращающаяся деталь, предназначенная для поддержания насаженных на нее деталей и передачи вращающего момента.

Осью называется неподвижная или вращающаяся деталь, служащая для поддержания насаженных деталей. Осью вращающего момента не передает.

Классификация валов. В зависимости от назначения, валы бывают:

- 1) коренные — воспринимают работу машины (валы двигателей, шпиндели);
- 2) передаточные — передают момент;
- 3) трансмиссионные — распределяют момент между отдельными потребителями.

Валы, от которых передается момент, называются ведущими, а валы, к которым передается — ведомыми. Передаточные валы являются одновременно и ведущими, и ведомыми.

В зависимости от конструкции, валы бывают гладкие, ступенчатые, фасонные, а также сплошные и полые.

Валы делаются полыми по конструктивной необходимости (подача масла, охлаждение воды, электропривода, один вал расположен внутри другого).

Элементы вала. Часть вала, находящаяся в подшипнике, называется цапфой. Цапфа на конце вала называется шипом, на середине вала — шейкой.

21. Подшипники

Подшипником называется опора вращающейся детали (оси, вала, ролика, блока).

Подшипник расположен под шипом вала, отсюда и название — подшипник.

В зависимости от рода трения различают подшипники скольжения и подшипники качения.

В зависимости от воспринимаемой нагрузки, подшипники бывают: радиальные — несут только радиальную нагрузку; радиальноупорные — воспринимают радиальную и осевую нагрузки; упорные — воспринимают осевую нагрузку.

Подшипники скольжения. В подшипнике скольжения действует трение скольжения.

Подшипник состоит из корпуса и антифрикционного вкладыша или втулки.

Между вкладышем и цапфой обязательно должен быть масляный слой.

Достоинства подшипников скольжения: большая допускаемая нагрузка; большая частота вращения; бесшумность; небольшие радиальные размеры; возможность установки на коленвалы.

Недостатки: низкий КПД, большие потери на трение; сложность эксплуатации и смазки; большой расход смазки; ограниченная взаимозаменяемость (только в пределах однотипных машин); применение дорогостоящих антифрикционных материалов.

Корпус подшипника — чугунный, вкладыш — антифрикционный. Материалом для подшипника служит бронза, баббит, антифрикционный чугун, пластмасса, дерево, графит, металлографит, фторопласт, капралон.

Смазка подшипников бывает периодическая, кольцевая, капельная, смазка под давлением, циркулярная. КПД равен 0,95—0,96.