



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Кафедра «Теоретическая и прикладная механика»

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

по изучению
дисциплины

«Прикладная механика»

Авторы
Галаджева М.Р.,
Вислоусова И.Н.

Ростов-на-Дону, 2022



Аннотация

Учебное пособие по изучению дисциплины «Прикладная механика» предназначено для студентов направлений 221000, 200100, 220700 очной и заочной форм обучения.

Авторы

к.т.н., доц. М.Р. Галаджева,
к.т.н., доц. И.Н. Вислоусова,





Оглавление

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	4
2. УЧЕБНЫЙ ПЛАН ДИСЦИПЛИНЫ	5
3. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	6
4. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ ПРОГРАММЫ	7
4.1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА	7
Варианты самостоятельной работы для проверки теоретических знаний	12
4.2 СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ.....	18
4.3. ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН.....	31
4.4. ДЕТАЛИ МАШИН	36
5. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ ПРОВЕРКА УСВОЕНИЯ МАТЕРИАЛА	40
Задания для тестирования.....	40



1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Данное пособие является вспомогательным материалом при изучении дисциплины «Прикладная механика» для студентов очной и заочной форм обучения.

Цель преподавания дисциплины «Прикладная механика»: обеспечить базу инженерной подготовки, теоретическую и практическую подготовку в области прикладной механики, изучение общих принципов проектирования и конструирования, построения моделей и алгоритмов расчётов типовых изделий машиностроения с учётом главных критериев работоспособности.

Задачи преподавания дисциплины:

- овладение навыками проведения теоретических расчетов на прочность, жесткость и устойчивость элементов сооружений и машин;

- получение навыков в постановке и проведении механических испытаний материалов, применяемых в машиностроении, для изучения их механических свойств;

- освоение практических навыков решения прикладных задач; ознакомление с современным научным мировоззрением о достижениях и проблемах прочности материалов и конструкций.

Студенты, завершившие изучение дисциплины «Прикладная механика» должны:

- **обладать** компетенцией ПК-3 (проводить кинематические, прочностные расчеты, оценки точности механических узлов), а также:

- **знать** основы теоретических расчетов на прочность, жесткость и устойчивость, этапы проектирования и конструирования изделий, методы теоретического и экспериментального исследования, основы расчета, оценки прочности и надежности разрабатываемых конструкций;

- **уметь** составлять расчетные схемы при различных видах нагружения, выбирать расчетную модель и производить расчеты типовых элементов машиностроительных конструкций; осуществлять оценку механической прочности и работоспособности типовых элементов машиностроительных конструкций;

- **владеть** навыками проектировочных и проверочных расчетов систем, работающих при различных видах нагружения; навыками прочностных расчетов и расчетов на жесткость и устойчивость машиностроительных конструкций; навыками оценки качества деталей по механическим свойствам материала.



2. УЧЕБНЫЙ ПЛАН ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Прикладная механика» изучается студентами в 4-м (5-м) семестре второго (третьего) курса.

Согласно рабочей программе изучение дисциплины представлено лекционными, практическими и лабораторными занятиями, предусмотрена также самостоятельная работа студентов.



3. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

«Прикладная механика» это часть общей инженерной науки – механики и является комплексной дисциплиной, включающей следующие разделы курсов.

1. «Теоретическая механика»: статика, кинематика точки и твердого тела, динамика точки и твердого тела.

2. «Сопrotивление материалов»: расчетные модели, механические свойства материалов, расчеты элементов конструкции на прочность, жесткость и устойчивость при различных видах нагружения.

3. «Теория механизмов и машин»: машины и механизмы; структурный, кинематический, динамический и силовой анализ, синтез механизмов.

4. «Детали машин и основы конструирования»: критерии работоспособности деталей машин, основы проектирования передач, материалы для изготовления элементов конструкций, соединения деталей.

Краткое изложение теоретических вопросов приведено в настоящем пособии.

Для закрепления знаний теории и умения применять их на практике необходимо научиться решать задачи по основным разделам курса. Примеры решения задач по основным разделам курса «Прикладная механика» приведены в материалах учебно-методического комплекса дисциплины в разделе «Учебно-методические материалы по видам занятий».

Для проверки усвоения материала могут быть использованы тестовые задания для самоконтроля. Задания для тестирования также приведены в данном пособии.



4. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ ПРОГРАММЫ

Изучать материал рекомендуется по темам рабочей программы. Это могут быть также пункты лекций или главы учебника. По каждой теме необходимо составить конспект. Необходимо понять смысл изучаемой теории дисциплины. Необходимо научиться применять полученные знания для решения задач. Для этого рекомендуется изучить соответствующую тему и ответить на вопросы, предназначенные для проверки понимания данной темы. Далее перейти к решению задач.

Список основной и дополнительной литературы для изучения «Прикладной механики», а также некоторые электронные варианты учебников приведены в рабочей программе дисциплины. По желанию студентов можно воспользоваться литературой по каждому разделу дисциплины отдельно. Литература указана ниже в каждом разделе дисциплины.

4.1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Тарг С. М. Краткий курс теоретической механики. – М.: Высшая школа, 2007.
2. Соловьев А.Н., Котов В.В., Галаджева М.Р. и др. Механика/Учебное пособие. ДГТУ, 2012.

СТАТИКА

ТЕМА 2.1. Основные понятия и исходные положения статики

Основные вопросы темы: основные понятия и аксиомы статики, связи и их реакции, абсолютно твердое тело, задачи статики.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дать определение твердому телу, материальной точке, системе материальных точек.
2. Объяснить, что такое механическая сила, система сил.
3. Определение силы на плоскости и в пространстве.
4. Эквивалентная система сил, уравновешенные силы.
5. Дать понятие сходящейся системы сил.



Прикладная механика

6. Перечислите аксиомы статики.

7. Объясните, что такое механические связи и как они классифицируются.

8. Реакции связей.

9. Сформулируйте теорему о трех уравновешенных силах.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА: [1] – Гл. 1; [2] – Гл.1.

ТЕМА 2.1. Сложение сил. Система сходящихся сил. Система параллельных сил

Основные вопросы темы: геометрический способ сложения сил. Равнодействующая сходящихся сил, разложение сил. Проекция силы на ось и на плоскость. Равновесие системы сходящихся сил. Равновесие системы параллельных сил. Решение задач статики.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как определить равнодействующую системы сходящихся сил.

2. Объясните, как складываются две параллельные силы.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА: [1] – Гл. 2, 3; [2] – Гл.1.

Рекомендации к порядку выполнения задач:

1. Выбрать тело, равновесие которого рассматривается для установления неизвестных величин.

2. Графически изобразить активные силы, действующие на тело.

3. Заменить связи, действующие на тело, реакциями связей (по принципу освобождаемости).

4. Рассмотреть равновесие несвободного абсолютно твердого тела как свободного, приложив к нему реакции связей.

5. Определить количество неизвестных величин в задаче.

6. Выбрать оси координат и составить уравнения равновесия, учитывая все силы, действующие на тело, и реакции связей.

7. Определить искомые величины, решив уравнения равновесия.

ТЕМА 2.2. Момент силы относительно точки. Пара сил

Основные вопросы темы: момент силы относительно точки. Пара сил. Момент пары. Сложение пар сил. Теорема об эквивалентности и о сложении пар. Условия равновесия пар сил в плоскости.



кости.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Сформулируйте теорему о параллельном переносе силы.
2. Дайте определение главному вектору данной системы сил.
3. Дайте определение главному моменту системы сил относительно данной точки.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА: [1] – Гл. 2, 3; [2] – Гл.1.

ТЕМЫ 2.2, 2.3. Условия равновесия системы

Основные вопросы темы: теорема о параллельном переносе силы. Основная теорема статики о приведении системы сил к данному центру. Главный вектор и главный момент сил. Условия равновесия системы сил. Теорема Вариньона.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Сформулируйте основную теорему статики.
2. Объясните, в чем заключаются геометрические и аналитические условия равновесия плоской системы.
3. Объясните, что такое момент силы относительно точки как вектор.
4. Каким образом определяется величина, направление и линия действия равнодействующей сил, распределенных по различному закону.
5. Сформулируйте теорему Вариньона.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА: [1] – Гл. 3, 4, 7; [2] – Гл.1.

Рекомендации к порядку выполнения задач:

1. Графически изобразить схему исходной конструкции.
2. Установить тип механических связей.
3. Заменить связи, действующие на тело, реакциями связей (по закону освобожденности).
4. Изобразить объект равновесия вместе с приложенными к нему силами (заданными и реакциями связей), т.е. построить расчетную схему.
5. Составить систему уравнений равновесия статики.
6. Проверить необходимые условия, при которых количество неизвестных должно совпадать с числом уравнений для рассматриваемой системы сил.
7. Определить искомые величины, решив уравнения равновесия, сделать проверку решения и провести его анализ.



Прикладная механика

В механике часто возникает необходимость рассчитать усилия во внутренних шарнирах, соединяющих различные части конструкций и образующих составную конструкцию.

ТЕМА 2.4. Центр тяжести

Основные вопросы темы: центр параллельных сил. Центр тяжести тела. Определение координат центра тяжести однородных тел. Способы определения положения центров тяжести.

Понятие центра тяжести распространяется на все материальные объекты, которые испытывают притяжение Земли. Действие проявляется в каждой точке тела в виде сил тяжести, линии действия которых пересекаются в центре земного шара. Несмотря на это, силы тяжести учитываются как параллельные, так как объекты, на которые они действуют, очень малы по сравнению с радиусом земного шара.

Центр тяжести твердого тела – это центр системы параллельных сил тяжести отдельных его частей, на которые мысленно можно разделить заданный материальный объект.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дать определение понятию «центр тяжести».
2. Как определяются координаты центра тяжести, какими способами можно определить положение центра тяжести.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА: [1] – Гл. 8; [2] – Гл.1.

КИНЕМАТИКА

ТЕМА 3.1. Кинематика точки

Основные вопросы темы: основные понятия кинематики точки. Векторный, естественный и координатный способ задания движения точки. Векторы скорости и ускорения. Определение скорости и ускорения. Равномерное и равнопеременное движение точки, законы этих движений.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Объясните сущность движения с точки зрения кинемати-



ки.

2. Объясните, в чем заключаются векторный, координатный и естественный способы задания движения точки.

3. Как определить скорость и ускорение точки при векторном, координатном и естественном способе задания движения. Объяснить, что такое путь, пройденный точкой, и чем он отличается от закона ее движения по траектории.

4. Перечислить и охарактеризовать виды движения точки.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА: [1] – Гл. 9, 10; [2] – Гл.2.

Решение задач на определение закона движения и уравнения траектории точки выполняется в определенной последовательности:

- исходя из условия задачи, система координат и начало координат выбираются таким образом, чтобы упростить решение задачи;

- для выбранной системы координат составляются уравнения движения точки (зависимость координат точки от времени);

- по уравнению движения точки определяется ее положение в любой момент времени, устанавливается направление ее движения.

ТЕМА 3.2. Кинематика твердого тела при простейших видах движения

Основные вопросы темы: поступательное и вращательное движение твердого тела. Угловая скорость и угловое ускорение твердого тела. Скорость и ускорение точки твердого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Определение скорости и ускорения при поступательном движении.

2. Определение угловой скорости и углового ускорения при вращательном движении.

3. Дать определение мгновенному центру скоростей (МЦС) и мгновенному центру ускорений (МЦУ).

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА: [1] – Гл. 11; [2] – Гл.2.



ТЕМА 3.3. Кинематика твердого тела при его сложном движении.

Сложное движение точки и твердого тела

Основные вопросы темы: плоскопараллельное движение твердого тела. Разложение движения твердого тела на поступательное и вращательное. Мгновенный центр скоростей и мгновенный центр ускорений. Определение скоростей и ускорений точек свободного твердого тела. Абсолютное, относительное и переносное движение точки. Абсолютные, относительные и переносные скорости и ускорения точки. Сложение скоростей и ускорений. Сложное движение твердого тела.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Определение скорости и ускорения любой точки свободного твердого тела.
2. Дайте определения абсолютного, относительного и переносного движения точки.
3. Сформулируйте теоремы о сложении скоростей и ускорений при сложном движении точки.
4. Объясните, что такое ускорение Кориолиса, как оно вычисляется и как направлен его вектор.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА: [1] – Гл. 12 – 15; [2] – Гл.2.

Варианты самостоятельной работы для проверки теоретических знаний

Вариант 1

1. Какие силы являются уравновешенными.
2. Как складываются две параллельные силы.
3. Что такое момент силы относительно полюса (точки) как вектор.
4. Как формулируется теорема о параллельном переносе силы.
5. Какие уравнения равновесия выполняются для системы сил частного вида.
6. Что такое система параллельных сил.



Прикладная механика

7. Как вычислить координаты центра тяжести.
8. В чем заключается естественный способ задания

движения.

9. Какое вращение является равнопеременным.
10. Какое движение тела называется плоским (плоскопараллельным).

Вариант 2

1. Что такое главный вектор произвольной системы сил.
2. Что такое механические связи.
3. Когда момент силы относительно полюса равен нулю.
4. Чему равен главный момент пары сил.
5. В чем состоит последовательность действий при определении реакций, вызванных заданной системой сил.
6. Как вычисляются координаты центра тяжести тел и плоских фигур сложной формы.
7. Какие задачи изучаются в кинематике.
8. Какое движение называется поступательным.
9. Что такое угловое ускорение и угловая скорость при плоском движении фигуры.
10. Что такое МОВ.

Вариант 3

1. Что такое равнодействующая произвольной системы сил.
2. Что такое реакции связей.
3. Чему равна величина момента силы относительно полюса. Правило знаков.
4. Как формулируется теорема Вариньона о моменте двух сил, действующих в одной точке на тело.
5. В чем состоит смысл основной теоремы статики.
6. Что такое центр системы параллельных сил.
7. Как определяются скорость и ускорение точки при векторном способе задания движения.
8. Что такое вектор угловой скорости. Где он располагается. Какова его размерность.
9. В чем заключается физический смысл МЦС.
10. На какие два вида движения раскладывается движение плоской фигуры в ее плоскости.

Вариант 4

1. Где располагаются векторы угловой скорости и углового ускорения.



Прикладная механика

2. Какие виды движения твердого тела вы знаете.
3. В чем заключается векторный способ задания движения точки.
4. Чем определяется положение точки в пространстве.
5. Какие свойства системы параллельных сил вы знаете.
6. В чем состоит смысл основной теоремы статики.
7. Чему равен главный момент сходящейся системы сил.
8. Что такое проекция вектора на ось.
9. Как классифицируются механические связи.
10. Что такое твердое тело, материальная точка, система материальных точек.

Вариант 5

1. Какая система сил называется сходящейся.
2. Как складываются две параллельные силы.
3. Когда момент силы относительно полюса равен нулю.
4. Чему равен главный момент произвольной системы сил относительно оси.
5. Как формулируется основная теорема статики.
6. Как выражается теорема эквивалентности двух пар сил.
7. Что такое центр системы параллельных сил.
8. Какое движение называется замедленным.
9. Что такое равноускоренное (равнозамедленное) движение.
10. Какое вращение является равномерным.

Вариант 6

1. Какое вращение является равнопеременным.
2. На какие виды движения раскладывается движение плоской фигуры в ее плоскости.
3. Что такое МЦУ плоской фигуры.
4. Что такое вектор углового ускорения. Где он располагается. Какова его размерность.
5. Что такое равномерное движение точки.
6. Что такое путь, пройденный точкой, и чем он отличается от закона ее движения по траектории.
7. Что такое центр тяжести твердого тела.
8. Сколько скалярных уравнений равновесия выполняется в общем случае.
9. Чему равен главный момент системы противоположных сил.
10. Что такое проекция вектора на плоскость.

**Вариант 7**

1. Как изображается сила на плоскости (в пространстве).
2. Как складываются две параллельные силы.
3. Что такое момент силы относительно точки как вектор.
4. В чем смысл обобщенной теоремы Вариньона.
5. Сколько скалярных уравнений равновесия выполняется в общем случае.
6. Как формулируется теорема о сложении произвольной системы пар.
7. Что такое центр тяжести твердого тела.
8. Какое движение называется ускоренным.
9. В чем состоит сущность движения с позиций кинематики.
10. Что такое ось вращения.

Вариант 8

1. Как записывается закон вращательного движения вокруг неподвижной оси.
2. Какие способы нахождения положения МЦС фигуры вы знаете.
3. Всегда ли существует равнодействующая.
4. Какие системы сил являются эквивалентными.
5. Как формулируется теорема о трех уравновешенных силах.
6. Когда момент силы относительно полюса равен нулю.
7. Какие следствия вытекают из теоремы Вариньона.
8. Какие условия равновесия выполняются для системы сил частного вида.
9. Что называется центром системы параллельных сил.
10. Что такое центр тяжести твердого тела.

Вариант 9

1. Что такое однородность твердого тела.
2. Как вычисляются координаты центра тяжести однородного тела.
3. Что такое траектория движущейся точки.
4. Какие способы задания движения точки вы знаете.
5. Что такое равномерное движение точки.
6. Какие основные свойства поступательного движения тела.
7. Как задается положение движущейся плоской фигуры.
8. Какие системы сил являются эквивалентными.
9. При каком условии две параллельные силы не имеют



равнодействующей.

10. Чему равна величина момента силы относительно полюса. Правило знаков.

Вариант 10

1. Как формулируется теорема о параллельном переносе силы.
2. Что такое плоская система сил.
3. Как находятся координаты центра тяжести.
4. Что такое соприкасающаяся плоскость пространственной кривой.
5. Что такое равнопеременное движение точки.
6. Что такое угловое ускорение.
7. Как записывается закон вращательного движения вокруг неподвижной оси.
8. Какие виды движения твердого тела вы знаете.
9. Что такое МЦС и МЦУ плоской фигуры.
10. Как складываются две параллельные силы.

ДИНАМИКА

ТЕМЫ 4.1 - 4.2. Законы динамики

Основные вопросы темы: основные понятия и определения. Законы динамики. Прямая и обратная задачи динамики материальной точки. Основные виды сил. Дифференциальные уравнения движения точки.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как сформулировать и записать дифференциальные уравнения свободного движения материальной точки.
2. Как сформулировать и записать дифференциальные уравнения несвободного движения материальной точки.
3. Сформулируйте и дайте объяснения первой задачи динамики.
4. Сформулируйте и дайте объяснения второй задачи динамики.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА: [1] – Гл. 16; [2] – Гл.3.

ТЕМА 4.2. Общие теоремы динамики точки

Основные вопросы темы: количество движения точки. Им-



Прикладная механика

пульс силы. Момент количества движения точки. Работа силы. Мощность. Теорема об изменении кинетической энергии. Несвободное и относительное движение точки. Математический маятник.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дать определение материальной точке.
2. Объяснить, что такое количество движения точки.
3. Сформулируйте закон инерции. Сформулируйте второй закон Ньютона для движущейся материальной точки.
4. Сформулируйте третий закон Ньютона.
5. Сформулируйте закон параллелограмма сил, закон независимости действия сил.
6. Объясните, в чем заключается первая и вторая задача динамики.
7. Запишите дифференциальные уравнения свободного и несвободного движения материальной точки в декартовой и естественной системе координат.
8. Определите произвольные постоянные интегрирования.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА: [1] – Гл. 16, 17; [2] – Гл.3.

ТЕМА 5.1. Динамика системы и твердого тела

Основные вопросы темы: механическая система: определение, масса системы, центр масс, внешние и внутренние силы, свойства внутренних сил. Геометрия масс: статические моменты инерции.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дать объяснение понятию центра масс механической системы.
2. Запишите дифференциальные уравнения поступательного движения тела.
3. Объясните, что такое импульс силы, полный импульс силы.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА: [1] – Гл. 17,18; [2] – Гл.3.

ТЕМА 5.2. Движение центра масс.

Основные вопросы темы: дифференциальные уравнения



Прикладная механика

движения системы, теорема о движении центра масс, закон сохранения движения центра масс. Изменение количества движения системы.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА: [1] – Гл. 18; [2] – Гл.3.

ТЕМА 5.3 - 5.4. Изменение момента количества движения системы

Основные вопросы темы: главный момент количества движения. Теорема об изменении главного момента количества движения системы. Принцип Даламбера для точки и системы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Сформулируйте теорему об изменении количества движения механической системы.
2. Объясните, что такое кинетический момент движущейся точки, движущейся механической системы.
3. Какие механические системы являются свободными?
4. Как можно записать принцип Даламбера для одной несвободной ускоренно движущейся точки?
5. Как формулируется принцип Даламбера для несвободной механической системы?
6. В чем состоит смысл общего уравнения динамики?

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА: [1] – Гл. 19; [2] – Гл.3.

4.2 СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Александров А.В. Сопротивление материалов. - М., «Высшая школа», 2002.
2. Сопротивление материалов под ред. Н.А.Костенко. – М., «Высшая школа», 2007.
3. Межецкий Г.Д. Сопротивление материалов. М., Дашков и К°, 2008.
4. Старовойтов Э.И. Сопротивление материалов. М., Физматлит, 2008.
5. [Степин П. А. Сопротивление материалов](#). С/Пб, «Лань», 2012.



6. Беляев Н.М. Сопротивление материалов. М., «Наука», 1976.

7. Сопротивление материалов под ред. Писаренко Г.С. Киев, «Вища школа», 1986.

8. Сигидиненко В.С., Соловьев А.Н., Галаджева М.Р. Сопротивление материалов./Учебное пособие. ДГТУ, 2011.

9. Соловьев А.Н., Котов В.В., Галаджева М.Р. и др. Механика/Учебное пособие. ДГТУ, 2012.

ТЕМЫ 6.1, 7.1. Основные понятия и гипотезы. Силы и их классификация. Внутренние силовые факторы. Метод сечений. Построение эпюр. Напряжения

Основные вопросы темы: основные понятия и гипотезы сопротивления материалов. Объекты расчетов в СМ. Виды деформаций стержня. Классификация внешних сил. Внутренние силовые факторы. Метод сечений. Понятие о напряжениях.

В этой теме даны основные понятия о прочности, жесткости, устойчивости, а также о допущениях, принимаемых в сопротивлении материалов. Особое внимание следует обратить на понятия напряжений и деформаций. Для определения внутренних силовых факторов и напряжений используют метод сечений (Р О З У – рассекаем, отбрасываем, заменяем, уравниваем). Метод сечений позволяет выразить внутренние силовые факторы через приложенные внешние нагрузки. Необходимо понять, что напряжение – это интенсивность внутреннего силового фактора; напряжение зависит от внутреннего силового фактора и геометрической характеристики сечения.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что подразумевается под прочностью, жесткостью и устойчивостью конструкции.
2. Какие гипотезы используются для идеализации свойств материала конструкции.
3. Что является объектами расчета в сопротивлении материалов.
4. Объясните сущность метода сечений.
5. Дайте определение полного, нормального и касательного напряжений. Как они связаны.
6. Какова размерность напряжения.



РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА: [6] – гл.1, [7] – гл.1, [8] – гл.1, [9] – гл.4.

ТЕМЫ 8.1 – 8.4. Центральное растяжение-сжатие

Основные вопросы темы: определение внутренней продольной (нормальной) силы. Напряжения и деформации при растяжении и сжатии. Закон Гука. Испытание на растяжение и сжатие. Диаграммы растяжения и сжатия. Механические характеристики материалов. Расчеты на прочность и жесткость при растяжении-сжатии.

Рассмотрено действие на стержень сил, направленных вдоль его оси. Применение метода сечений позволяет найти величину и направление продольной силы в рассматриваемом сечении. В поперечном сечении стержня возникают только нормальные напряжения, которые распределены в плоскости сечения равномерно. Необходимо усвоить такие понятия как абсолютная и относительная деформации, модуль упругости при растяжении, коэффициент Пуассона. Закон Гука устанавливает линейную зависимость между нормальным напряжением и относительной продольной деформацией, а также между абсолютной продольной деформацией и продольной силой. Необходимо изучить механические свойства материалов, выбор допускаемых напряжений. Механическими характеристиками материала являются: предел пропорциональности, предел упругости, предел текучести, предел прочности материала. При решении статически неопределимых задач кроме уравнений равновесия статики необходимо составить уравнения связи между деформациями элементов. Совместное решение этих уравнений с использованием закона Гука позволяет определить неизвестные продольные силы. Необходимо знать, что такое допускаемое напряжение и коэффициент запаса прочности, как они определяются для пластичных и хрупких материалов. Следует понять, что условие прочности позволяет выполнять проектировочный и проверочный расчеты конструкции.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называют продольной силой.
2. Какие напряжения возникают в поперечном сечении стержня при растяжении и сжатии.



3. Какие деформации возникают при растяжении и сжатии.
4. Как связаны между собой нормальное напряжение и относительная продольная деформация. Сформулируйте закон Гука при растяжении и сжатии.
5. Как строятся диаграммы растяжения и сжатия.
6. Перечислите основные механические характеристики материалов. Что называют пределом пропорциональности, пределом упругости, пределом текучести и пределом прочности материала.
7. Как вычисляется работа внешних сил при растяжении (сжатии)
8. Что такое запас прочности.
9. Дайте определение допускаемого напряжения.
10. Для чего используют условие прочности при растяжении-сжатии.
11. Какие задачи являются статически неопределимыми. Каков порядок их расчета.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА: [6] – гл.2, 26; [7] – гл.4,5; [8] – гл.3, [9] – гл.5.

ТЕМА 9. Геометрические характеристики плоских поперечных сечений

Основные вопросы темы: понятие о статическом моменте площади сечения. Определение координат центра тяжести простого и составного сечений. Понятие о моментах инерции сечения. Вычисление моментов инерции простых сечений и стандартных прокатных профилей. Определение моментов инерции при параллельном переносе и повороте осей координат. Понятие о главных осях и главных моментах инерции. Моменты сопротивления сечения.

Надо усвоить, что основными геометрическими характеристиками поперечного сечения являются статический момент площади, моменты инерции (осевые, полярный, центробежный), моменты сопротивления (осевые, полярный). Необходимо знать, как определить координаты центра тяжести сечения через статический момент. Знать связь между осевыми и полярными моментами инерции. Обратит внимание на определение моментов инерции при параллельном переносе и повороте осей координат. Необхо-



димо уметь определять положение главных осей инерции и главных моментов инерции. Запомнить формулы для определения основных геометрических характеристик простых фигур, а также уметь пользоваться справочником для стандартных прокатных профилей (двутавра, швеллера, уголка).

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как определить положение центра тяжести составного сечения.
2. Что называется осевым, центробежным, полярным моментами инерции сечения.
3. Что называется осевым и полярным моментами сопротивления сечения. Как они связаны с осевым и полярным моментами инерции.
4. По каким формулам вычисляют осевые моменты инерции и осевые моменты сопротивления для прямоугольника, круга и кольца.
5. По каким формулам вычисляют полярный момент инерции и полярный момент сопротивления для круглого сечения.
6. Как определяют геометрические характеристики стандартных прокатных профилей.
7. Как определяют моменты инерции при параллельном переносе и повороте осей координат.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА: [6] – гл.9 - 12; [7] – гл.2; [8] – гл.2, [9] – гл.8.

ТЕМА 10. Напряженное и деформированное состояние в точке

Основные вопросы темы: напряженное состояние в точке. Понятие о главных площадках и главных напряжениях. Определение напряжений в наклонных площадках при линейном, плоском и объемном напряженных состояниях. Обобщенный закон Гука. Потенциальная энергия деформации. Теории прочности.

Необходимо усвоить, что называют напряженным состоянием в точке. Помнить определение главных площадок и главных напряжений. В зависимости от числа главных напряжений различают три вида напряженного состояния: линейное (одноосное), при котором только одно из главных напряжений не равно нулю; плоское (двухосное), при котором два главных напряжения от-



личны от нуля; объемное (трехосное), при котором все три главных напряжения отличны от нуля. Главные напряжения играют значительную роль при решении вопроса о прочности материала; одно из этих напряжений является наибольшим, а другое — наименьшим из всех нормальных напряжений для данной точки. Необходимо научиться определять напряжения в наклонных сечениях для линейного и плоского напряженного состояния, а также направления главных площадок и главных напряжений. Следует уяснить, как решаются прямая и обратная задачи с помощью круга Мора. Необходимо уметь определять удельную потенциальную энергию деформации, а также потенциальную энергию изменения объема и формы. Изучение основных теорий прочности позволит понять, как оценить прочность детали по известному напряженному состоянию.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое напряженное состояние в точке.
2. Что такое главные площадки и главные напряжения.
3. Какие существуют виды напряженного состояния.
4. Как определить напряжения в наклонных площадках при плоском напряженном состоянии.
5. Сформулируйте закон парности касательных напряжений.
6. Как определить значения главных напряжений при плоском напряженном состоянии.
7. Сформулируйте обобщенный закон Гука.
8. Как определить потенциальную энергию деформации.
9. Назовите основные теории прочности.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА: [6] – гл.6, 7; [7] – гл.6, 7; [8] – гл.4, [9] – гл.6.

ТЕМЫ 11, 12. Сдвиг. Смятие. Кручение

Основные вопросы темы: чистый сдвиг. Закон Гука при сдвиге. Условие прочности. Расчет на срез и смятие. Кручение стержней круглого поперечного сечения. Определение касательного напряжения и угла закручивания. Расчеты на прочность и жесткость при кручении.

Необходимо понять, что такое сдвиг (срез), какой возникает внутренний силовой фактор и напряжение. Обратить внимание на выбор допускаемого напряжения при сдвиге. Необходимо уяснить



Прикладная механика

понятие «чистый сдвиг», какие напряжения и деформации возникают при чистом сдвиге. Линейную зависимость между касательным напряжением и углом сдвига выражает закон Гука при сдвиге. Следует обратить на примеры практического применения теории сдвига – это расчеты на срез заклепочных и сварных соединений. При определении касательных напряжений считают, что касательные напряжения в плоскости среза распределены равномерно. Запомнить основные допущения, положенные в основу расчета на смятие. Надо уметь показывать на чертежах площадки, на которых возникают напряжения среза, смятия и скалывания.

Необходимо обратить внимание на допущения (гипотезы), на которых основана теория кручения стержня круглого сечения. Научиться строить эпюры крутящих моментов. Знать какие напряжения возникают в сечении вала при кручении и вывод формулы для напряжения. При кручении стержня круглого сечения касательные напряжения в поперечном сечении распределяются по линейному закону — от нуля в центре до максимального значения по контуру сечения. Надо уметь определять абсолютный и относительный угол закручивания. Объяснять смысл закона Гука при кручении. Необходимо уметь рассчитывать диаметр вала из условия прочности и условия жесткости.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Объясните, при каком нагружении стержень испытывает чистый сдвиг.
2. Сформулируйте закон Гука при сдвиге.
3. Запишите условия прочности при сдвиге, смятии.
4. Какой вид нагружения называется кручением.
5. Как определить касательное напряжение и угол закручивания вала.
6. Запишите условия прочности и жесткости при кручении.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА: [6] – гл.8, 9; [7] – гл.8, 9; [9] – гл.7, 9.

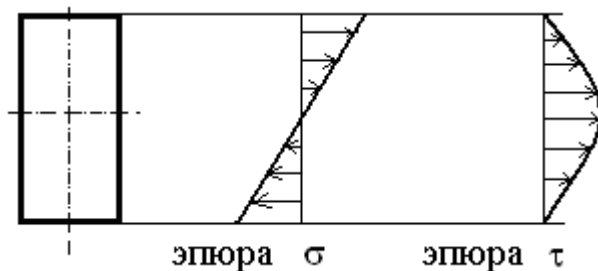
ТЕМА 13. Прямой поперечный изгиб

Основные вопросы темы: внутренние силовые факторы при плоском изгибе, связь между ними. Основные гипотезы. Чистый и поперечный изгиб. Напряжения при чистом изгибе. Условие



прочности. Касательное напряжение при поперечном изгибе. Перемещения при изгибе, связь между ними. Методы определения перемещений при изгибе.

Следует запомнить определение плоского поперечного изгиба. Необходимо уяснить, что внутренними силовыми факторами при поперечном изгибе являются поперечная сила Q и изгибающий момент M . Поперечная сила в рассматриваемом сечении равна алгебраической сумме внешних сил, расположенных по одну сторону от сечения; изгибающий момент в данном сечении равен алгебраической сумме моментов внешних сил, расположенных по одну сторону от сечения, взятых относительно центра тяжести сечения. Необходимо четко запомнить правила знаков для поперечной силы и изгибающего момента. Необходимо научиться строить эпюры M и Q . Для проверки правильности построения эпюр целесообразно пользоваться теоремой Журавского, устанавливающей дифференциальную зависимость между изгибающим моментом и поперечной силой. Необходимо уметь выводить формулы для определения нормальных и касательных напряжений в произвольной точке сечения балки. Особое внимание следует обратить на неравномерность распределения нормальных и касательных напряжений по высоте сечения. На рисунке показано нормальное и касательное напряжений в балке прямоугольного сечения.



Помнить, что сечение балки получает два перемещения – прогиб и угол поворота, знать связь между ними. Необходимо ознакомиться с различными методами определения перемещений при изгибе. Рассмотреть методику расчета статически определимых и статически неопределимых балок и рам.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какой вид деформации называют изгибом.
2. Как определить поперечную силу и изгибающий момент в



сечении балки. Объясните правило знаков для поперечной силы и изгибающего момента.

3. Запишите дифференциальные зависимости между изгибающим моментом и поперечной силой.
4. Как определить нормальные напряжения при изгибе. Как они распределяются в поперечном сечении балки.
5. Составьте условие прочности балки при изгибе.
6. Как определить касательные напряжения при изгибе.
7. Какие существуют методы определения прогиба и угла поворота сечения балки.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА: [6] – гл.10, 11, 15, 26, 28; [7] – гл.3, 10, 13; [9] – гл.10.

ТЕМЫ 15, 16, 17. Сложное сопротивление. Изгиб с кручением. Косой изгиб. Внецентренное растяжение-сжатие

Основные вопросы темы: определение крутящих, изгибающих, эквивалентных моментов при изгибе с кручением. Определение напряжений при изгибе с кручением. Расчет на прочность при изгибе с кручением. Определение напряжения при косом изгибе. Расчеты на прочность при косом изгибе. Определение напряжения при внецентренном растяжении-сжатии. Расчет на прочность при внецентренном растяжении-сжатии. Определение положения нейтральной линии при косом изгибе и внецентренном растяжении-сжатии.

На практике часто встречаются случаи сложного сопротивления, когда в результате воздействия нагрузки в поперечных сечениях стержня одновременно возникают несколько внутренних силовых факторов. К сложному сопротивлению относят: одновременное действие кручения и изгиба, косой изгиб (одновременный изгиб в двух плоскостях), внецентренное растяжение-сжатие (одновременное действие изгиба с растяжением-сжатием). Для определения напряжений при сложном сопротивлении используют принципа независимости действия сил.

Необходимо запомнить, что при изгибе с кручением в сечении стержня возникают нормальные и касательные напряжения, поэтому проверка прочности производится по главным напряжениям. При этом используют третью или четвертую теории прочности.

При косом изгибе в сечении стержня возникают нормальные напряжения. Надо знать формулу для их определения, а так-



же определение положения нейтральной линии, так как наибольшие напряжения возникают в точках, наиболее удаленных от нейтральной линии. Нейтральная линия при косом изгибе не перпендикулярна плоскости внешних сил, а плоскость, в которой расположены прогибы при косом изгибе, не совпадает с плоскостью внешних сил. Явление косоугольного изгиба особенно опасно для сечений со значительно отличающимися друг от друга главными моментами инерции (например, для двутавра). Балки с таким сечением хорошо работают на изгиб в плоскости наибольшей жесткости, но даже при небольших углах наклона плоскости внешних сил к плоскости наибольшей жесткости в балках возникают значительные дополнительные напряжения и деформации.

Необходимо знать формулу для определения напряжения при внецентренном растяжении-сжатии. Необходимо знать положение нейтральной линии. Понять, что такое ядро сечения. Необходимо обратить внимание на то, что приложенная эксцентрично сжимающая сила может вызвать в поперечном сечении стержня как сжимающие, так и растягивающие напряжения. Поэтому внецентренное сжатие является особенно опасным для стержней из хрупких материалов, которые слабо сопротивляются растягивающим усилиям.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какое нагружение называют изгибом с кручением.
2. Как определить крутящий момент в сечении вала.
3. Какие усилия возникают в ременных, зубчатых, цепных передачах.
4. Какие напряжения возникают в сечении вала при изгибе с кручением; как они распределяются в плоскости сечения.
5. Как определить эквивалентный момент.
6. Запишите условие прочности при изгибе с кручением по 3-ей и 4-ой теориям прочности.
7. Как определить диаметр вала при изгибе с кручением.
8. Какое нагружение называют косым изгибом.
9. Как определить напряжение при косом изгибе.
10. Как определить положение нейтральной линии при косом изгибе.
11. Запишите условие прочности при косом изгибе.
12. Какое нагружение называют внецентренным растяжением-сжатием.
13. Как определить напряжение при внецентренном растяже-



нии-сжатию.

14. Как определить положение нейтральной линии при внецентренном растяжении-сжатии.

15. Что такое ядро сечения.

16. Запишите условие прочности при внецентренном растяжении-сжатии.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА: [6] – гл.7, 20, 21; [7] – гл.12; [9] – гл.11.

ТЕМА 18. Устойчивость сжатых стержней

Основные вопросы темы: понятие потери устойчивости. Критическая сила сжатого стержня. Критическое напряжение. Формулы Эйлера и Ясинского. Понятие о гибкости сжатого стержня. Определение допустимого напряжения при расчете на устойчивость. Расчет сжатого стержня по условию устойчивости, проверочный и проектировочный расчеты.

Необходимо вспомнить понятие устойчивость. Знать, что такое потеря устойчивости. Опасность явления потери устойчивости заключается в том, что оно может наступить при критическом напряжении, значительно ниже предела прочности материала. Задачу о нахождении критической силы или критического напряжения для стержней большой гибкости впервые решил Леонард Эйлер. Исследования профессора Ф.С. Ясинского дали возможность установить величину критического напряжения и для стержней малой и средней гибкости, для которых формула Эйлера неприменима. Необходимо уметь определять величину гибкости сжатого стержня, знать, от каких параметров она зависит. Запомнить, что практический расчет на устойчивость производится по допустимому напряжению, которое можно определять либо по критическому напряжению, либо по основному допустимому сжимающему напряжению. Во втором случае применяют метод последовательных приближений по коэффициенту снижения основного допустимого напряжения. Необходимо понять, какие сечения являются наиболее рациональными при расчете на устойчивость.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называют потерей устойчивости стержня.
2. Что такое критическая сила сжатого стержня.
3. Как определить критическую силу по формуле Эйлера.



4. Влияние условий закрепления на величину критической силы.
5. Что такое гибкость сжатого стержня. От каких параметров она зависит.
6. Пределы применимости формулы Эйлера.
7. Когда применяется формула Ясинского для критического напряжения и критической силы.
8. Как определить допускаемое напряжение при расчете на устойчивость.
9. Запишите условие устойчивости сжатого стержня.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА: [6] – гл.27; [7] – гл.20; [9] – гл.12.

ТЕМЫ 22, 23. Динамические задачи сопротивления материалов

Основные вопросы темы: понятие о статическом и динамическом нагружении. Понятие о динамическом коэффициенте. Расчеты на прочность с учетом сил инерции по принципу Даламбера при поступательном и вращательном движении системы. Основные понятия и гипотезы при ударе, использование закона сохранения энергии. Определение динамического коэффициента. Определение напряжения и перемещения при сжимающем и изгибающем ударе. Особенности расчета при скручивающем ударе.

Необходимо понять, что при динамическом приложении нагрузок напряжения и деформации значительно больше, чем при их статическом приложении. Введение динамического коэффициента позволяет определение динамических напряжений и деформаций (перемещений) в движущихся деталях свести к определению статических напряжений и деформаций.

При движении тел с постоянным ускорением возникают силы инерции, которые вызывают дополнительные (динамические) нагрузки на элемент конструкции. Метод расчета на динамическую нагрузку основан на известном из теоретической механики принципе Даламбера. С помощью этого принципа любая динамическая задача по форме решения сводится к статической задаче с учетом силы инерции – составлению уравнений равновесия для определения внутренних силовых факторов.

Необходимо знать определение удара. В основу приближенной теории удара положен ряд упрощенных гипотез, а также закон сохранения энергии. Напряжение при ударе вычисляют,



приравнивая кинетическую энергию ударяющего тела потенциальной энергии деформаций стержня, воспринимающего удар.

Важным является то обстоятельство, что напряжения при ударе зависят не только от геометрической характеристики сечения стержня, но и от длины и модуля упругости материала. Необходимо научиться определять динамический коэффициент при сжимающем и изгибающем ударе. При скручивающем ударе необходимо уметь определять наибольшее касательное напряжение в зависимости от угловой скорости вращения, а также размеров и модуля упругости.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие нагрузки называются статическими, а какие динамическими.
2. Что называется динамическим коэффициентом.
3. Как вычисляются напряжения в деталях при равноускоренном поступательном движении
4. От каких факторов зависят напряжения в ободе вращающегося колеса.
5. Что такое удар. Чему равен динамический коэффициент при ударе.
6. От каких параметров зависит динамический коэффициент при сжимающем и изгибающем ударе.
7. Как определить наибольшее касательное напряжение при скручивающем ударе.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА: [6] – гл.24, 30; [7] – гл.23.

ТЕМА 24. Расчет на прочность при напряжениях, циклически изменяющихся во времени

Основные вопросы темы: явление усталости материала, механизм усталостного разрушения с позиций современной науки. Основные параметры цикла переменных напряжений. Симметричный, отнулевой циклы напряжений, подобные циклы. Понятие о пределе выносливости, методы определения предела выносливости. Кривая выносливости, диаграмма предельных напряжений. Влияние конструктивно-технологических факторов на предел выносливости. Понятие о коэффициенте запаса усталостной прочности. Расчет на усталостную прочность по коэффициенту запаса



при симметричном и несимметричном циклах нагружения.

Необходимо понять механизм усталостного разрушения материала при циклическом нагружении. Запомнить основные параметры и виды циклов переменных напряжений. Уяснить понятие предела выносливости и как он определяется. Уметь строить кривую выносливости. Необходимо знать все факторы, которые влияют на усталостную прочность. Необходимо определять коэффициент запаса усталостной прочности при симметричном и несимметричном нагружениях.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каково происхождение термина «усталость материала».
2. Как графически изображается изменение напряжений во времени.
3. Что называется циклом напряжений.
4. Что называется параметрами цикла переменных напряжений.
5. Что представляют собой симметричный и асимметричный циклы. Приведите примеры этих циклов.
6. В чем заключаются особенности усталостного разрушения.
7. Что называют пределом выносливости.
8. Что называют кривой выносливости. Для чего её строят.
9. Какие факторы оказывают влияние на предел выносливости.
10. Как строится приближенная диаграмма предельных циклов.
11. Как по диаграмме предельных напряжений определить предел выносливости при любом цикле нагружения.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА: [6] – гл. 31; [7] – гл.22.

4.3. ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Джамай В.В., Дроздов Ю.Н., Самойлов Е.А. и др. Прикладная механика. М., Дрофа, 2004.
2. Артоболевский И. И. Теория механизмов и машин. М.,



Наука, 1988.

3. Фролов К.В, Попов С.А., Мусатов А.К. и др. Теория механизмов и механика машин. М., Высшая школа, 1998.

4. Левитская О. Н. Левитский Н. И. Курс теории механизмов и машин. М., Высшая школа, 1985.

ТЕМА 1. Структурный анализ и классификация механизмов

Основные определения понятий «деталь», «изделие», «сборочная единица». Классификация механизмов. Звенья и кинематические пары. Классификация кинематических пар. Кинематические цепи. Виды кинематических цепей. Понятие о механизме.

Ознакомьтесь с основными понятиями и определениям: звено, кинематическая пара, кинематическая цепь, механизм, машина, машинный агрегат. Необходимо иметь представление о классификации кинематических пар. По классификации Рело кинематические пары делятся на низшие и высшие. В низших парах звенья, вошедшие в кинематическую пару, касаются друг друга элементами поверхностей, в высших – по линиям или точкам. По классификации И. И. Артоболевского кинематические пары делятся на пять классов, причем каждый класс определяется числом условий связей, которые наложены на движения одного звена относительно другого.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Из каких составляющих состоит механизм.
2. Что такое звено и чем оно отличается от кинематической пары.
3. Приведите классификацию кинематических пар.
4. Что такое кинематическая цепь.
5. Назовите, пожалуйста, виды кинематических цепей.
6. Какая кинематическая цепь называется механизмом.
7. Дайте определение механизму, машине и объясните их назначение.
8. Укажите различие между механизмом и машиной.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА: [1] – гл.1.1, [2] – гл.1 - 3.

ТЕМА 2. Кинематический анализ механизмов



Прикладная механика

Кинематические исследования механизмов методом диаграмм. Определение скоростей и ускорений точек механизмов. Кулачковые и зубчатые механизмы.

Определение положений звеньев и траекторий отдельных точек звеньев; определение скоростей и ускорений (угловых и линейных) точек звеньев механизма. Кинематический анализ считается законченным, если для каждого звена механизма определены положение, скорость и ускорение двух его точек или положение, скорость и ускорение одной точки звена и угловая координата, угловая скорость и ускорение этого звена. Для определения скорости какой-либо точки любого из звеньев механизма необходимо систему уравнений (функцию положения для этой точки) продифференцировать по времени. Для определения ускорений функцию положения нужно дифференцировать дважды.

На примерах простых четырехзвенных механизмов (четырёхшарнирного, кривошипно-ползунного, кулисного, синусного и тангенсного) изучите решение задач кинематического анализа.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каковы преимущества и недостатки аналитического и графического методов кинематического анализа механизмов.
2. Как определить графическими построениями крайние положения кривошипно-ползунного, шарнирного четырехзвенника и кулисного механизмов.
3. Какие характерные точки позволяют проверить правильность построения кинематических диаграмм.
7. Как, пользуясь планом скоростей механизма, определить величину и направление угловой скорости звена.
8. Как, пользуясь планом ускорений механизма, определить величину и направление углового ускорения звена.
9. Как, используя правило подобия, по известным скоростям (ускорениям) двух точек звена определить скорость (ускорение) любой третьей точки того же звена.
10. При каких движениях звена возникает кориолисово ускорение. Как определить его величину и направление.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА: [1] – гл.1.2, [2] – гл.4 -7.

ТЕМА 3. Динамический анализ механизмов



Цели и задачи динамического анализа. Силы, действующие на звенья механизма, и их классификация. Трение в механизмах. Кинетостатический расчет механизмов. Анализ движения механизмов и машин.

Целью динамического анализа является: а) определение и изучение влияния сил на звенья механизма, кинематические пары и неподвижные опоры и установление способов уменьшения динамических нагрузок, возникающих при движения механизма; б) изучение режимов движения механизмов под действием заданных сил и установление способов, обеспечивающих заданные режимы движения механизмов. Первая задача носит название силового анализа механизмов, вторую задачу называют динамикой механизмов.

Приступая к изучению темы, следует рассмотреть виды (характеристики) сил, которые могут действовать на звенья механизма. Обратите внимание на некоторую условность в разделении сил на силы движущие и силы сопротивления. Например, силы тяжести звеньев при подъеме центров масс звеньев оказываются силами сопротивления, а при опускании центров масс – силами движущими и т. д. Нужно научиться определять для всех случаев движения звена силы инерции. Вспомните известный вам из теоретической механики принцип Даламбера и научитесь применять его при определении реакции в кинематических парах (связях), возникающих от действия заданных сил на звенья механизма при их движении. Метод силового расчета механизма с использованием сил инерции и применением уравнений динамического равновесия носит название кинетостатического расчета. Силовой расчет многозвенного механизма нужно проводить по отдельным группам Ассура, начиная с наиболее удаленной от ведущего звена. Заканчивается силовой расчет силовым расчетом входного звена, для которого определяются уравновешивающая сила или уравновешивающий момент и реакция в кинематической паре «стойка – входное звено».

Изучая вторую задачу динамического анализа: – динамику механизмов, следует вначале рассмотреть методы приведения сил и масс, позволяющие все силы, действующие на звенья механизма, заменять силами, приложенными к одному из звеньев механизма, называемому звеном приведения. Аналогично, все массы звеньев механизма заменять одной массой, сосредоточенной в точке приведения звена приведения. Для определения приведен-



ной силы здесь также можно воспользоваться методом рычага Н. Е. Жуковского.

Одной из задач динамики механизмов является исследование движения звена приведения по заданным силам. Чтобы провести такое исследование, нужно составить уравнение движения звена приведения механизма в дифференциальной форме и проинтегрировать его. Необходимо знать уравнения движения механизма в двух формах: в форме уравнения кинетической энергии и в форме дифференциального уравнения. Нужно помнить, что уравнения движения в общем случае являются нелинейными, решение которых может быть найдено только приближенными методами. Рассматривая режимы движения механизма - разбег, установившееся движение и выбег, важно установить соотношения между работами сил движущих и сил сопротивления, фазность которых определяет каждый из режимов. Важно уяснить две основные характеристики установившегося движения: коэффициент полезного действия механизма и коэффициент неравномерности движения звена приведения механизма. Нужно знать причины, вызывающие неравномерность движения, оценку неравномерности движения механизма специальным коэффициентом и регулирование периодических колебаний скорости звена приведения механизма введением дополнительной массы маховика. Необходимо ознакомиться с регулированием неперiodических колебаний скоростей звена приведения механизма.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как определяются величина и направление вектора силы инерции (момента от пары сил инерции) звена.
2. Докажите, что группа Ассур статически определима.
3. В какой последовательности производится определение реакций в механизме, состоящем из нескольких групп Ассур.
4. Как определить реакцию во внутренней кинематической паре группы Ассур второго класса, если реакции во внешних парах найдены.
5. Как с помощью рычага Жуковского определить уравновешивающую силу (уравновешивающий момент).
6. Что такое механическая характеристика машины.
7. Дайте определения приведенной силы и приведенной массы (приведенного момента инерции).
8. Докажите, что приведенный момент инерции механизма не зависит от скорости звена приведения.



Прикладная механика

9. Что понимают под механическим коэффициентом полезного действия механизма.
10. Как определить к. п. д. при последовательном (параллельном) соединении механизмов.
11. Какие причины вызывают периодические или непериодические колебания скорости звена приведения механизма или машины.
12. Что называют коэффициентом неравномерности движения звена приведения механизма или машины.
13. Какова цель установки маховика в механизме или машине.
14. Выведите формулу для расчета маховика при постоянном приведенном моменте инерции механизма.
15. Чем следует руководствоваться при выборе места установки маховика в машине.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА: [1] – гл.1.3, [2] – гл.9 - 15.

4.4. ДЕТАЛИ МАШИН

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Джамай В.В., Дроздов Ю.Н., Самойлов Е.А. и др. Прикладная механика. М., Дрофа, 2004.
2. Иосилевич Г.Б., Строганов Г.Б., Маслов Г.С. Прикладная механика. М., Высшая школа, 1989.
3. Решетов Д.И. Детали машин. М., Высшая школа, 1989.

ТЕМА 1. Общие вопросы проектирования

Общие сведения, детали, узлы. Классификация деталей и узлов. Требования к конструкциям деталей. Сопряжения деталей. Критерии работоспособности: прочность, жесткость, износостойкость, вибростойкость. Стадии проектирования.

Данный раздел посвящен изучению конструкций и методов расчета общих деталей машин.

При изучении раздела следует обратить внимание на особенности проектирования изделий, виды изделий, требования к ним (прочность, жесткость, долговечность и т.д.), стадии разработки.

Необходимо уяснить, что любая машина состоит из отдель-



Прикладная механика

ных частей, соединенных между собой. Соединения могут быть разъемными и неразъемными. Детали, служащие для соединения частей машины называются деталями соединений. Виды соединения деталей.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называют деталью и сборочной единицей.
2. Требования, предъявляемые к деталям машин.
3. Перечислите основные стадии разработки изделий и машины.
4. Укажите разницу между подвижными и неподвижными соединениями.
5. Какие виды соединений деталей Вы знаете.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА: [1] – гл.5.1, 5.2. [2] – гл.12.

ТЕМА 2. Машиностроительные материалы

Факторы, влияющие на выбор материала деталей. Классификация материалов (стали, чугун, цветные сплавы, пластмассы и т.д.).

Необходимо уяснить, какие материалы используют для изготовления деталей в машиностроении. В каких случаях используют те или иные материалы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какой сплав называют сталью.
2. Что называют чугуном.
3. Какие сплавы на основе меди применяют в механизмах.
4. В каких случаях используют титановые сплавы, пластмассы, резины.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА: [1] – гл.5.1, 5.2. [2] – гл.13.

ТЕМА 3. Типы передач

Виды передач и области их применения. Основные характеристики передачи.

Необходимо уяснить, что передачами называют механиз-



Прикладная механика

мы, служащие для передачи движения и энергии от двигателя к рабочим органам машины. В машиностроении применяют механические, электрические, пневматические, гидравлические и др. виды передач. Все механические передачи разделяют на две основные группы – передачи трением и передачи зацеплением. Ременные, фрикционные передачи основаны на использовании сил трения. Зубчатые, червячные, цепные и т.п. передачи основаны на использовании зацепления. Следует обратить внимание на принципы работы и расчета передач.

При изучении раздела важно усвоить основные характеристики передач (мощность, вращающий момент, коэффициент полезного действия).

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется передачей. Общие сведения и основные характеристики.
2. Какие существуют виды передач.
3. Опишите предназначение и достоинства ременной передачи.
4. Каково назначение, достоинства и недостатки зубчатой передачи.
5. Типы и область применения цепных передач.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА: [1] – гл.5.1, 5.2. [2] – гл.14 - 18.

ТЕМА 4. Трансмиссионные валы, оси, их опоры

Общие сведения. Классификация и применение. Конструктивные элементы. Материалы для изготовления валов. Критерии работоспособности и расчета. Проектный расчет. Статический расчет. Расчет на усталостную прочность. Расчет валов на прочность и жесткость при изгибе и кручении. Опоры валов и осей.

В данной теме необходимо рассмотреть назначение, классификацию и конструктивные особенности валов и осей. Получить понятие о расчете валов на прочность и жесткость. Усвоить отличие понятий «ось» и «вал», а также познакомиться с особенностями опор валов и осей.

В технике вращательное движение имеет очень широкое распространение. Для осуществления вращательного движения



Прикладная механика

служит много общих деталей машин. К ним относятся оси и валы, опоры валов и осей, муфты и подшипники.

Оси служат для поддержания вращающихся частей машин. Валы, как и оси, также служат для поддержания вращающихся частей машин но, кроме того, по валу передается крутящий момент. Оси в отличие от валов почти всегда выполняются прямыми. Ось рассчитывается на изгиб как балка, нагруженная силой тяжести вращающихся на ней деталей узлов и усилиями, которые воспринимаются этими деталями. В отличие от оси вал рассчитывается на сложное сопротивление (изгиб с кручением) и проверяется на усталость.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите основные отличия валов от осей.
2. В каких целях применяются валы и оси.
3. Основные принципы расчета валов и осей. Укажите разницу в расчетах.
4. С какой целью осуществляется проверочный расчет вала на усталостную выносливость.
5. Какие существуют опоры валов и осей.
6. Приведите классификацию подшипников качения и систему их условных обозначений.
7. Что такое цапфы. Укажите условия их работы.
8. Приведите классификацию и назначение муфт.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА: [1] – гл.5.1, 5.2. [2] – гл.22, 23.



5. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ ПРОВЕРКА УСВОЕНИЯ МАТЕРИАЛА

Для проверки усвоения материала могут быть использованы тестовые задания для самоконтроля:

1. Сайт www.prikladmeh.ru (электронное тестирование)
2. Обычное тестирование с передачей результата преподавателю для оценки уровня подготовки.

Задания для тестирования

Задание N 1.

Свойство твердых тел сохранять остаточную деформацию называется...

Варианты ответа:

- прочностью
- выносливостью
- пластичностью
- жесткостью

Задание N 2.

Совокупность представлений, зависимостей, условий, ограничений, описывающих процесс, явление (поведение элемента конструкции под внешним воздействием), называется...

Варианты ответа:

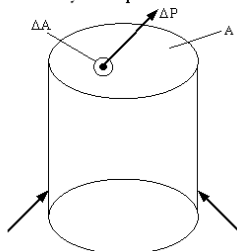
- методом определения внутренних сил
- основным принципом расчета на прочность
- моделью
- методом расчета на прочность и жесткость

Задание N 3.

Предел отношения равнодействующей ΔP внутренних сил, действующих на площадку ΔA , к величине площади ΔA , когда последняя стремится к нулю $\left(p = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta P}{\Delta A} \right)$, определяет величину вектора...

Варианты ответа:

- нормального напряжения
- касательного напряжения
- среднего напряжения
- полного напряжения



Задание N 4.

Изменение первоначальной длины стержня l , обозначаемое Δl называется...

Варианты ответа:

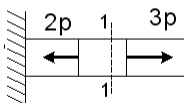
- относительной линейной деформацией
- изменением формы стержня
- абсолютным удлинением (укорочением)
- деформацией



Прикладная механика

Задание N 5.

Для стержня, схема которого изображена на рисунке,



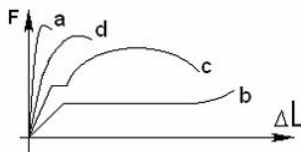
деформации, возникающие в сечении 1-1, будут...

Варианты ответа:

- равны нулю
- растягивающими
- сжимающими
- растягивающими и сжимающими

Задание N 6.

Диаграмма растяжения малоуглеродистой стали имеет вид...

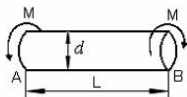


Варианты ответа:

- а
- б
- в
- г

Задание N 7.

Известен взаимный угол поворота сечений А и В. Модуль сдвига материала образца равен...

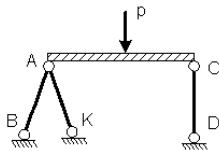


Варианты ответа:

- $G = \frac{E}{2(1 + \mu)}$
- $G = \frac{E}{\mu}$
- $G = \frac{ML}{\varphi_{A-B} I_p}$
- $G = \frac{2ML}{\varphi_{A-B} I_p}$

Задание N 8.

Проверку на прочность стержня CD, имеющего разные допустимые напряжения на растяжение $[\sigma]_p$ и сжатие $[\sigma]_{сж}$, проводят по формуле...

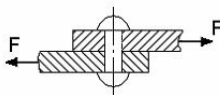


Варианты ответа:

- $\sigma \leq [\sigma]_{сж}$
- $\sigma \geq [\sigma]_p$
- $\sigma = \sigma_T$
- $\sigma = \sigma_{сж}$

Задание N 9.

Площадь поперечного сечения тела заклепки – А. Касательные напряжения в поперечном сечении, в месте среза, определяются по формуле...



Варианты ответа:

- $\tau = \frac{F}{A}$
- $\tau = \frac{2F}{A}$
- $\tau = \frac{2F}{3A}$
- $\tau = \frac{F}{2A}$



Прикладная механика

Задание N 10.

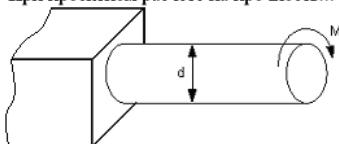
Видом напряженного состояния, имеющего место при кручении стержня круглого поперечного сечения, является...

Варианты ответа:

- объемное напряженное состояние
- одноосное напряженное состояние
- линейное напряженное состояние
- чистый сдвиг

Задание N 11.

При проектном расчете на прочность...

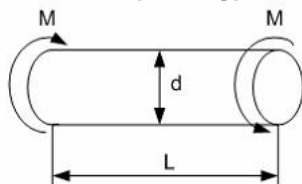


Варианты ответа:

- | | |
|----------------------|--|
| Должно быть известно | Нужно определить |
| $M, d, [\tau]$ | Проверить выполнение условия прочности |
- | | |
|----------------------|------------------|
| Должно быть известно | Нужно определить |
| M, d | τ_{max} |
- | | |
|----------------------|------------------|
| Должно быть известно | Нужно определить |
| $M, [\tau]$ | d |
- | | |
|----------------------|------------------|
| Должно быть известно | Нужно определить |
| $d, [\tau]$ | M |

Задание N 12.

Абсолютный угол закручивания стержня равен...

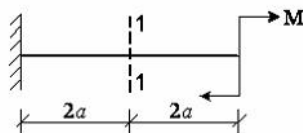


Варианты ответа:

- $\frac{ML}{GI_p}$
- $\frac{2M}{GI_p}$
- $\frac{2ML}{GI_p}$
- $\frac{M}{GI_p}$

Задание N 13.

В сечении 1-1 имеют место внутренние силовые факторы...



Варианты ответа:

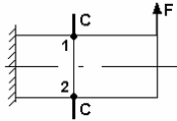
- $M = 0, Q \neq 0$
- $M = 0, Q = 0$
- $M \neq 0, Q = 0$
- $M \neq 0, Q \neq 0$



Прикладная механика

Задание N 14.

Правильные направления нормальных напряжений в точках 1, 2 сечения C - C имеют вид...

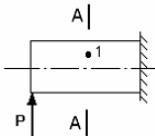


Варианты ответа:

-
-
-
-

Задание N 15.

В точке 1 поперечного сечения A-A балки...

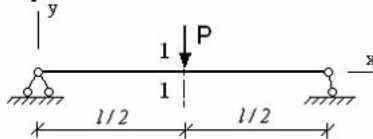


Варианты ответа:

- нет напряжений
- действует касательное напряжение τ
- действует нормальное напряжение σ
- действуют нормальное σ и касательное τ напряжения

Задание N 16.

φ – угол поворота, v – прогиб. Сечение 1-1 имеет перемещения...

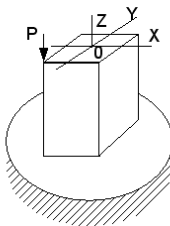


Варианты ответа:

- нет перемещений
- v и φ
- φ
- v

Задание N 17.

Для нагруженного стержня вид сложного сопротивления называется...



Варианты ответа:

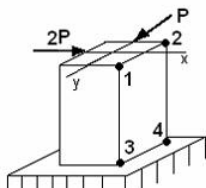
- косым изгибом
- внецентренным сжатием
- изгибом с кручением
- общим случаем сложного сопротивления



Прикладная механика

Задание N 18.

На схеме, изображенной на рисунке, наиболее опасной точкой является...

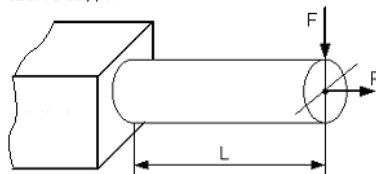


Варианты ответа:

- точка 3
- точка 4
- точка 2
- точка 1

Задание N 19.

Условие прочности для стержня, изображенного на рисунке, имеет вид...

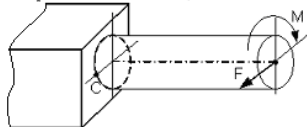


Варианты ответа:

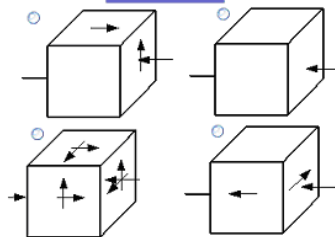
- $\frac{F}{A} \leq [\sigma]$
- $\frac{F}{A} + \frac{FL}{W} \leq [\sigma]$
- $\frac{F}{A} - \frac{FL}{W} \leq [\sigma]$
- $\frac{FL}{W} \leq [\sigma]$

Задание N 20.

Напряженное состояние, возникающее в точке C, имеет вид...



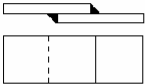
Варианты ответа:





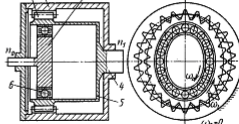
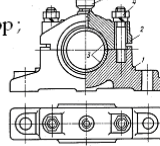
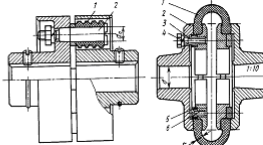
<p>V0. Вариатор предназначен для ...</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) плавного изменения мощности; 2) ступенчатого изменения мощности; 3) плавного изменения скорости; 4) ступенчатого изменения скорости. 	<p>V15. Деталь редуктора, на которой установлены подшипники и зубчатые колеса, это ...</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) ось; 2) штифт; 3) вал; 4) винт.
<p>V1. Обобщенная схема последовательности проектирования состоит в следующем:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) расчеты, материалы, расчетная схема; 2) расчетная схема, материалы, расчеты; 3) материалы, расчет, расчетная схема; 4) расчетная схема, расчеты, материалы. 	<p>V16. Ось нагружена радиальной силой $F_r = 2000$ Н, приложенной посередине расстояния между подшипниками. Радиальные нагрузки на подшипники будут:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 250 и 750 Н; 2) 1000 Н; 3) 500 и 1500 Н; 4) 0 и 2000 Н.
<p>V2. Для изготовления литьем корпуса редуктора целесообразно использовать:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) бронзу безоловянистую; 2) серый чугун; 3) белый чугун; 4) сталь малоуглеродистую. 	<p>V17. Для соединения быстроходного вала редуктора с валом двигателя, установленного на сварной раме при повышенных требованиях к бесшумности работы следует применить муфту:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) компенсирующую упругую; 2) предохранительную упругую; 3) обгонную; 4) центробежную.
<p>V3. Расчетные нагрузки по отношению к номинальным ...</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) равны; 2) больше; 3) не связаны; 4) меньше. 	<p>V18. Для соединения и разъединения валов без остановки их вращения применяют муфты:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) с разрушающимися элементами; 2) с закручиваемым элементом; 3) сцепные; 4) глухие.



<p>V4. Винт или шпилька диаметром d рекомендуется заворачивать в остальные детали на глубину ...</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) не более $0,5 d$; 2) не менее d; 3) не более d; 4) не менее $2d$. 	<p>V19. Основными требованиями к материалам подшипников скольжения являются</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) твердость; 2) жесткость; 3) пластичность; 4) антифрикционность.
<p>V5. На эскизе изображено соединение деталей сварными швами:</p>  <ol style="list-style-type: none"> 1) потолочным; 2) фланговыми; 3) лобовыми нахлесточными швами; 4) стыковые швы. 	<p>V20. На валу установлен роликовый подшипник с обозначением 7311. Укажите диаметр вала.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 110 мм; 2) 55 мм; 3) 73 мм; 4) 35 мм.
<p>V6. Для вала и зубчатого колеса при реверсивной нагрузке и предполагаемой периодической разборке следует применить соединение ...</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) сварное; 2) шпоночное; 3) штицевое; 4) клиновое. 	<p>V21. Для подшипников качения наиболее предпочтительно:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) вращение наружного кольца; 2) вращение обоих колец в противоположных направлениях; 3) вращение обоих колец в одном направлении; 4) вращение внутреннего кольца.
<p>V7. Две плоские детали из трудно свариваемого материала, нагруженные в плоскости стыка знакопеременной силой, следует соединить подвижно ...</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) заклепками; 2) болтами; 3) шпильками; 4) газосваркой. 	<p>V22. Подшипники качения редуктора смазываются пластичной смазкой. Как называется деталь, препятствующая вымыванию этой смазки?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) пружинная шайба; 2) мазудерживающее кольцо; 3) шплинт; 4) прокладка.
<p>V8. Основное достоинство клеммового соединения</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) простота конструкции; 2) большая жесткость; 3) высокая нагрузочная способность; 4) возможность регулировки положения. 	<p>V23. Торсионом называют упругий элемент, работающий на:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) растяжение; 2) сжатие; 3) изгиб; 4) кручение.



Прикладная механика

<p>V9. Редуктором называется:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) агрегат с понижающей передачей в закрытом корпусе; 2) узел, содержащий зубчатые колеса; 3) мультипликатор подъемной машины; 4) устройство для передачи поступательного движения. 	<p>V24. Для открыток зубчатых передач основным критерием работоспособности является</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) контактная усталостная прочность; 2) выносливость зубьев при изгибе; 3) стойкость против абразивного износа; 4) коррозионная стойкость материала.
<p>V10. Для закрытых зубчатых передач основным критерием работоспособности является:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) изгибная прочность зубьев; 2) контактная выносливость зубьев; 3) износостойкость; 4) теплоустойчивость. 	<p>V25. Как называется передача, изображенная на рисунке?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) червячная; 2) коническая косозубая; 3) вариатор; 4) волновая. 
<p>V11. Однозаходная винтовая передача заменена двухзаходной с тем же диаметром и профилем резьбы. Если угловая скорость винта остается прежней, то скорость осевого перемещения гайки ...</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) удваивается; 2) не будет работать; 3) не изменится; 4) уменьшится вдвое. 	<p>V26. На рисунке изображен ...</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) цилиндрический одноступенчатый редуктор; 2) волновой редуктор; 3) лобовой вариатор; 4) автономный разъемный подшипник скольжения. 
<p>V12. Фрикционная передача с цилиндрическими колесами имеет коэффициент трения $f=0,15$. Правильное отношение силы прижатия колес F_n к окружной силы F_t при коэффициенте запаса сцепления $k = 1,5$ должно быть:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 1/2,25; 2) 1/10; 3) 10/1; 4) 4,44/1. 	<p>V27. На рисунке изображены ...</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) упругие муфты; 2) центробежные муфты; 3) обгонные муфты; 4) две проекции волнового редуктора. 



<p>V13. Принято решение применить в приводе ременную передачу. Для ее проектирования достаточно знать:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) передаваемую мощность; 2) частоты вращения ведущего и ведомого шкивов; 3) натяжное усилие и передаваемую мощность; 4) передаваемую мощность и частоты вращения ведущего и ведомого шкивов. 	<p>V28. Позиция 9 это ...</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) выходной вал волнового редуктора; 2) гильза цилиндра корпуса 10; 3) быстроходный вал редуктора; 4) маслоподводящий канал.
<p>V14. Число сателлитов планетарной передачи увеличено с трех до шести. Окружная сила в зацеплении при этом ...</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) не изменится; 2) уменьшится вдвое; 3) уменьшится втрое; 4) увеличится в 2 раза. 	<p>V30. Справа изображено...</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) дисковая муфта; 2) цепная муфта; 3) ступица чевячного колеса; 4) конусный вариатор.