

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра информационных и автоматизированных
производственных систем

Составители
Е. В. Резанова
В. Ю. Садовец

СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

Методические указания к самостоятельной работе

Рекомендовано учебно-методической комиссией специальности
15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов
в качестве электронного издания
для использования в образовательном процессе

Кемерово 2019

Рецензенты:

А. Н. Коротков – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой металлорежущих станков и инструментов

И. В. Чичерин – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой информационных и автоматизированных производственных систем

Резанова Елена Викторовна
Садовец Владимир Юрьевич

Сопротивление материалов : методические указания к самостоятельной работам [Электронный ресурс]: для обучающихся специальности 15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов всех форм обучения / сост. Е. В. Резанова, В. Ю. Садовец; КузГТУ. – Электрон. дан. – Кемерово, 2019. – Систем. требования : Pentium IV; ОЗУ 8 Мб; Windows 95; мышь. – Загл. с экрана.

Изложено содержание самостоятельной работы студентов в соответствии с рабочей программой дисциплины «Сопротивление материалов».

© КузГТУ, 2019
© Е. В. Резанова,
В. Ю. Садовец,
составление, 2019

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Сопротивление материалов – наука об инженерных методах расчета элементов конструкций, деталей машин и механизмов на прочность, жесткость и устойчивость. Дисциплина способствует формированию инженерного мышления, навыков анализа и синтеза, способности применять стандартные методы расчета при проектировании машин, систем, различных комплексов, оборудования и производственных объектов, деталей и узлов машиностроения.

Целью самостоятельной работы студентов при изучении дисциплины «Сопротивление материалов» является достижение уровня требований ФГОС к профессиональной подготовленности, формирование профессиональных компетенций, развитие навыков самостоятельного поиска, приобретения и закрепления знаний, умений и навыков.

В результате освоения дисциплины «Сопротивление материалов» обучающийся в общем по дисциплине должен

знать:

- законы и правила механики деформируемого твердого тела;
- методы моделирования реальных объектов при проектировании машин, технических систем, различных комплексов, оборудования и производственных объектов, деталей и узлов машиностроения;
- стандартные методы расчета при проектировании объектов машиностроения;
- современные информационные технологии и прикладные программы для расчета и проектирования объектов машиностроения;
- методы проектирования рациональных конструкций, деталей и узлов, машин и механизмов, оборудования и производственных объектов.

уметь:

- применять законы и правила механики деформируемого твердого тела при расчете и проектировании деталей и узлов машиностроения, машин и механизмов, оборудования и производственных объектов;
- моделировать реальные объекты машиностроения;

- применять стандартные методы расчета при проектировании машин, технических систем, различных комплексов, оборудования и производственных объектов, деталей и узлов машиностроения;
- применять современные информационные технологии и прикладные программы для расчета и проектирования объектов машиностроения;
- применять методы проектирования рациональных конструкций, деталей и узлов машиностроения.

владеть:

- методами моделирования реальных объектов;
- стандартными методами расчета при проектировании машин, технических систем, различных комплексов, оборудования и производственных объектов, деталей и узлов машиностроения;
- современными информационными технологиями и прикладными программами для расчета и проектирования объектов машиностроения;
- методами проектирования рациональных конструкций.

Самостоятельная работа студентов по дисциплине «Сопротивление материалов» включает:

- подготовку к лекционным и практическим занятиям;
- закрепление и углубление знаний, умений и навыков, приобретенных на аудиторных занятиях (работа с конспектом лекций, учебной, методической, нормативно-технической и справочной литературой);
- выполнение индивидуальных заданий и оформление отчетов по практическим работам;
- подготовку к текущей аттестации, тестированию, зачету и экзамену.

2. СОДЕРЖАНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Самостоятельная работа студентов при подготовке к лекционным и практическим занятиям, закреплении и углублении знаний, приобретенных на аудиторных занятиях, заключается прежде всего в изучении теоретического материала, определенного рабочей программой дисциплины.

Раздел 1. Введение

Цель и задачи дисциплины «Сопротивление материалов». Моделирование реального объекта. Метод сечений. Напряжения. Деформации и перемещения. Закон Гука.

Контрольные вопросы

- 1 Цель и задачи дисциплины «Сопротивление материалов».
- 2 Дайте определение прочности, жесткости и устойчивости конструктивных элементов.
- 3 Допущения при моделировании свойств материалов.
- 4 Анизотропные материалы.
- 5 Геометрическое моделирование тел.
- 6 Моделирование нагрузок.
- 7 Моделирование связей.
- 8 Дайте определение статически определимой и статически неопределимой системам.
- 9 Внутренние силы.
- 10 Метод сечений.
- 11 Внутренние силовые факторы.
- 12 Каким образом определяют величины внутренних силовых факторов?
- 13 Порядок определения внутренних силовых факторов методом сечений.
- 14 С какой целью строят эпюры внутренних силовых факторов? Приведите пример.
- 15 Дайте определение напряжению.
- 16 Среднее напряжение.
- 17 Полное напряжение.
- 18 Составляющие полного напряжения.
- 19 Напряженное состояние в точке.

- 20 Связь между внутренними силовыми факторами и напряжениями.
- 21 Единицы измерения нагрузок, реакций связей и напряжений.
- 22 Перемещение точек тела при деформировании.
- 23 Линейная деформация.
- 24 Угловая деформация.
- 25 Деформированное состояние в точке.
- 26 Закон Гука.
- 27 Принцип начальных размеров.
- 28 Принцип суперпозиции.
- 29 Принцип Сен-Венана.
- 30 Гипотеза Бернулли.

Раздел 2. Механические свойства материалов

Напряженно-деформированное состояние образца. Испытания на растяжение. Испытания на сжатие. Влияние различных факторов на механические свойства материалов. Допускаемые напряжения. Коэффициент запаса.

Контрольные вопросы

- 1 Практическое определение механических свойств конструкционных материалов.
- 2 Коэффициент Пуассона.
- 3 Закон парности касательных напряжений.
- 4 Методика испытания образцов на растяжение.
- 5 Диаграмма растяжения образцов из пластичных материалов
- 6 Диаграмма напряжений при растяжении образцов из пластичных материалов.
- 7 Модуль Юнга.
- 8 Диаграмма Прандтля. Условный предел текучести.
- 9 Предел прочности при растяжении.
- 10 Прочностные характеристики пластичных материалов.
- 11 Характеристики пластичности материалов.
- 12 Диаграмма растяжения образцов из хрупких материалов.
- 13 Диаграмма напряжений при растяжении образцов из хрупких материалов.
- 14 Методика испытания материалов на сжатие.

- 15 Диаграмма сжатия образцов из пластичных материалов.
- 16 Диаграмма напряжений при сжатии образцов из пластичных материалов.
- 17 Сравните диаграммы при растяжении и сжатии образцов из пластичных материалов.
- 18 Сравните диаграммы при растяжении и сжатии образцов из хрупких материалов.
- 19 Упрочнение материалов.
- 20 Влияние термической обработки на механические характеристики материалов.
- 21 Влияние скорости деформирования.
- 22 Ползучесть материалов.
- 23 Релаксация напряжений.
- 24 Критерии работоспособности конструкций.
- 25 Условие прочности для конструкций из пластичных материалов.
- 26 Условия прочности для конструкций из хрупких материалов.
- 27 Допускаемые напряжения.
- 28 Задачи, решаемые с использованием условий прочности.
- 29 Коэффициент запаса прочности.
- 30 Факторы, влияющие на выбор величины коэффициента запаса.

Раздел 3. Растяжение и сжатие

Определение внутренних силовых факторов при растяжении (сжатии). Основные зависимости при растяжении (сжатии). Расчет статически определимых и статически неопределимых стержней. Расчет статически определимых и статически неопределимых шарнирно-стержневых систем.

Контрольные вопросы

- 1 Что понимают под центральным растяжением (сжатием)?
- 2 Какие внутренние силовые факторы возникают в поперечном сечении стержня при растяжении (сжатии)?
- 3 Каким методом определяют величину внутренних силовых факторов при растяжении (сжатии) стержней?
- 4 Правило знаков при растяжении (сжатии).

- 5 Как определяют величину нормальной силы N в произвольном сечении стержня?
- 6 Как определяют величину нормальной силы N в произвольном сечении стержня при его нагружении сосредоточенными силами и равномерной погонной нагрузкой?
- 7 Правила построения эпюр при растяжении (сжатии).
- 8 Три типа зависимостей при растяжении (сжатии).
- 9 Перемещения и деформации в пределах элемента стержня.
- 10 Как распределены нормальные напряжения по сечению центрально растянутого (сжатого) стержня, каким образом они могут быть определены?
- 11 Закон Гука при растяжении (сжатии).
- 12 Модуль продольной упругости.
- 13 Что называют жесткостью стержня при растяжении (сжатии)?
- 14 Факторы, влияющие на изменение длины стержня.
- 15 Какое сечение стержня называют опасным?
- 16 Условие прочности стержней из пластичных материалов при растяжении (сжатии).
- 17 Условия прочности стержней из хрупких материалов при растяжении (сжатии).
- 18 Три типа расчетов при растяжении (сжатии).
- 19 Какие стержни являются статически определимыми?
- 20 Порядок расчета статически определимого стержня при растяжении (сжатии).
- 21 Правила построения и контроля эпюр при растяжении (сжатии) статически определимых стержней.
- 22 Какие стержни являются статически неопределимыми?
- 23 Порядок расчета статически неопределимого стержня при растяжении (сжатии).
- 24 Статически эквивалентный стержень.
- 25 Правила построения и контроля эпюр при растяжении (сжатии) статически неопределимых стержней.
- 26 Температурные усилия, напряжения и перемещения.
- 27 Монтажные усилия, напряжения и перемещения.
- 28 Порядок расчета статически определимых шарнирно-стержневых систем.

- 29 Что называют степенью статической неопределимости системы?
- 30 Порядок расчета статически неопределимых шарнирно-стержневых систем.

Раздел 4. Сдвиг и кручение

Чистый сдвиг. Закон Гука при сдвиге. Практические расчеты на срез и смятие. Кручение бруса круглого сечения. Сравнительный анализ сплошных и полых валов. Расчет валов на прочность. Статически неопределимые задачи на кручение.

Контрольные вопросы

- 1 Что называют чистым сдвигом?
- 2 Напряжения при чистом сдвиге.
- 3 Деформация сдвига.
- 4 Закон Гука при сдвиге.
- 5 Модуль сдвига.
- 6 Что называют кручением бруса?
- 7 Какие внутренние силовые факторы возникают в поперечном сечении бруса при кручении?
- 8 Правило знаков при кручении.
- 9 Какие гипотезы положены в основу теории кручения бруса круглого сечения?
- 10 Угловые перемещения и относительный угол закручивания.
- 11 Закон Гука при кручении.
- 12 Полярный момент инерции сечения бруса.
- 13 Жесткость бруса при кручении.
- 14 Напряжения при кручении.
- 15 Эпюры напряжений для круглого и кольцевого сечений.
- 16 Полярный момент сопротивления. Максимальные напряжения.
- 17 Перемещения при кручении.
- 18 Геометрические характеристики круглого и кольцевого сечений.
- 19 Сравнительный анализ сплошных и полых валов.
- 20 Нагрузка на валы и эпюры при кручении.
- 21 Условия прочности валов из пластичных и хрупких материалов при кручении.

- 22 Условие жесткости валов при кручении. Расчетный диаметр вала.
- 23 Характер разрушения валов из пластичных материалов.
- 24 Характер разрушения валов из хрупких материалов.
- 25 Статически неопределимые задачи на кручение.
- 26 Кручение бруса прямоугольного сечения.
- 27 Кручение тонкостенного стержня открытого профиля.
- 28 Основные геометрические параметры витых пружин.
- 29 Внутренние силовые факторы, напряжения и перемещения для витых пружин.
- 30 Жесткость пружины.

Раздел 5. Геометрические характеристики сечений

Площади и статические моменты сечений. Моменты инерции сечений: осевой, полярный, центробежный. Главные центральные моменты инерции сечений.

Контрольные вопросы

- 1 Перечислите основные геометрические характеристики сечений.
- 2 Статические моменты сечения.
- 3 Центральные оси и центр площади сечения.
- 4 Координаты центра площади сечения относительно вспомогательных осей.
- 5 Порядок определения координат центра площади составного сечения.
- 6 Осевые моменты инерции.
- 7 Осевые моменты инерции круглого и кольцевого сечений.
- 8 Осевые моменты инерции квадратного и прямоугольного сечений.
- 9 Осевые моменты инерции сечений в форме треугольников.
- 10 Осевые моменты инерции сечения в форме половины и четверти круга.
- 11 Центробежный момент инерции.
- 12 Моменты инерции при параллельном переносе осей.
- 13 Моменты инерции при повороте осей.
- 14 Полярный момент инерции.

- 15 Как определяют знаки осевых, полярного и центробежного моментов инерции?
- 16 Какая зависимость существует между полярным и осевыми моментами инерции сечения относительно двух взаимно перпендикулярных осей?
- 17 Свойство инвариантности суммы осевых моментов инерции при повороте осей, проходящих через центр тяжести сечения.
- 18 Для каких сечений центробежный момент инерции равен нулю?
- 19 Правило знаков при определении центробежного момента инерции равнобокого и неравнобокого уголков при их различном положении.
- 20 Главные и главные центральные оси инерции.
- 21 Сколько можно провести через центр площади сечения центральных осей, главных осей?
- 22 Угол поворота главных осей инерции. Правило знаков.
- 23 Главные моменты инерции.
- 24 Относительно какой оси момент инерции сечения принимает наибольшее значение? Относительно какой – наименьшее?
- 25 Размерность моментов инерции.
- 26 Радиусы инерции сечения.
- 27 Осевые и полярный моменты сопротивления сечений.
- 28 Моменты сопротивления круглого и кольцевого сечений.
- 29 Моменты сопротивления квадратного и прямоугольного сечений.
- 30 Моменты сопротивления сечения в форме треугольников.

Раздел 6. Изгиб

Дифференциальные и интегральные зависимости при изгибе. Чистый изгиб. Поперечный изгиб. Рациональные формы сечения балок при изгибе. Перемещения в балках при изгибе. Интегрирование дифференциального уравнения изогнутой оси балки. Метод Максвелла-Мора. Способ Верещагина. Балки равного сопротивления изгибу. Статически определимые и статически неопределимые стержневые системы. Расчет неразрезных балок. Расчет балок на упругом основании.

Контрольные вопросы

- 1 Дайте определение изгибу. Как называют брус, работающий на изгиб?
- 2 Прямой изгиб. Плоский изгиб.
- 3 Чистый изгиб. Поперечный изгиб.
- 4 Какими моделями типовых опор заменяют опорные элементы конструкций при составлении расчетных схем в теории изгиба?
- 5 Какие реакции возникают в балочных опорах и промежуточных шарнирах от действия внешних нагрузок при изгибе?
- 6 Как определяют опорные реакции? Правила знаков.
- 7 Какие внутренние силовые факторы возникают в поперечных сечениях балки при прямом поперечном изгибе?
- 8 Как определяют величину внутренних силовых факторов в произвольном сечении балки при изгибе?
- 9 Правила знаков для внутренних силовых факторов при изгибе.
- 10 Дифференциальные зависимости при изгибе.
- 11 Интегральные зависимости при изгибе.
- 12 Порядок построения эпюр внутренних силовых факторов при изгибе.
- 13 Правила контроля эпюр внутренних силовых факторов при изгибе.
- 14 В каком сечении эпюра изгибающего момента имеет экстремум?
- 15 Гипотезы в теории чистого изгиба.
- 16 Нейтральный слой и нейтральная линия балки.
- 17 Закон Гука при изгибе.
- 18 Зависимость для определения кривизны оси балки. Жесткость балки при изгибе.
- 19 Нормальные напряжения в произвольной точке поперечного сечения балки.
- 20 Максимальные нормальные напряжения при изгибе.
- 21 Момент сопротивления сечения балки при изгибе.
- 22 Какое сечение балки называют опасным?
- 23 Какие формы поперечных сечений балок считают рациональными при изгибе?

- 24 Качественный показатель рациональности поперечного сечения балки.
- 25 Рациональные формы поперечных сечений балок из пластичных материалов.
- 26 Рациональные формы поперечных сечений балок из хрупких материалов.
- 27 Формула Д. И. Журавского.
- 28 Условия прочности при изгибе для балок из пластичных материалов.
- 29 Условия прочности при изгибе для балок из хрупких материалов.
- 30 Условие для подбора сечения балки при изгибе.
- 31 Линейное и угловое перемещения в балках при изгибе.
- 32 Методы определения перемещений при изгибе.
- 33 Дифференциальная зависимость между прогибом и углом поворота.
- 34 Дифференциальное уравнение упругой линии балки.
- 35 Универсальные зависимости для определения перемещений в балках при изгибе.
- 36 Граничные условия для двухопорной балки.
- 37 Граничные условия для консольной балки.
- 38 Принцип Лагранжа (принцип возможных перемещений).
- 39 Грузовое и единичное состояние системы. Единичная нагрузка.
- 40 Метод Максвелла-Мора.
- 41 Интеграл Мора.
- 42 Порядок определения перемещений методом Максвелла-Мора. Правило знаков.
- 43 Способ А. К. Верещагина.
- 44 Порядок определения перемещений методом Максвелла-Мора по способу А. К. Верещагина.
- 45 Балки равного сопротивления изгибу.
- 46 Реакции опор в статически определимых рамах.
- 47 Внутренние силовые факторы в статически определимых стержневых системах.
- 48 Правила построения эпюр внутренних силовых факторов для статически определимых стержневых систем.

- 49 Определение перемещений в статически определимых стержневых системах.
- 50 Раскрытие статической неопределимости стержневых систем методом сил.
- 51 Определение перемещений в статически неопределимых стержневых системах.
- 52 Метод проверки равновесия стержневых систем.
- 53 Какие балки называют неразрезными? Как определяют степень статической неопределимости неразрезных балок? Приведите примеры.
- 54 Уравнение деформаций произвольной опоры неразрезной балки.
- 55 Уравнение трех моментов.
- 56 Какие балки называют балками на упругом основании?
- 57 Гипотеза Винклера.
- 58 Упругая характеристика балки.
- 59 Расчет балок на упругом основании методом начальных параметров.
- 60 Граничные условия при расчете балок на упругом основании.

Раздел 7. Сложное сопротивление

Косой изгиб. Косой изгиб с растяжением (сжатием). Внецентренное растяжение (сжатие). Расчет вала круглого поперечного сечения при совместном действии изгиба и кручения.

Контрольные вопросы

- 1 Какой вид деформации называют сложным сопротивлением?
- 2 Нейтральный слой и нейтральная линия балки.
- 3 Внутренние силовые факторы при сложном изгибе.
- 4 Уравнение нейтральной линии балки при сложном изгибе.
- 5 Напряжения при сложном изгибе.
- 6 Перемещения при сложном изгибе.
- 7 Какой вид деформации называют косым изгибом?
- 8 Нагрузки при косом изгибе. Силовая плоскость.
- 9 Внутренние силовые факторы при косом изгибе.
- 10 Уравнение нейтральной линии балки при косом изгибе.

- 11 Напряжения при косом изгибе.
- 12 Перемещения при косом изгибе.
- 13 Какой вид деформации называют косым изгибом с растяжением (сжатием)?
- 14 Внутренние силовые факторы при косом изгибе с растяжением (сжатием).
- 15 Уравнение нейтральной линии балки при косом изгибе с растяжением (сжатием).
- 16 Напряжения при косом изгибе с растяжением (сжатием).
- 17 Какой вид деформации называют внецентренным растяжением (сжатием)?
- 18 Внутренние силовые факторы при внецентренном растяжении (сжатии).
- 19 Уравнение нейтральной линии при внецентренном растяжении (сжатии).
- 20 Напряжения при внецентренном растяжении (сжатии).
- 21 Максимальные напряжения при внецентренном растяжении (сжатии).
- 22 Максимальные напряжения при внецентренном растяжении (сжатии) для материалов, по-разному сопротивляющихся растяжению и сжатию.
- 23 Условие прочности для бруса из пластичного материала при сложном сопротивлении.
- 24 Условия прочности для бруса из хрупкого материала при сложном сопротивлении.
- 25 Нагрузки на вал круглого поперечного сечения при совместном действии изгиба и кручения.
- 26 Опасное сечение вала при совместном действии изгиба и кручения.
- 27 Эквивалентные напряжения в опасном сечении вала при совместном действии изгиба и кручения.
- 28 Расчетные напряжения в опасном сечении вала при совместном действии изгиба и кручения.
- 29 Условие прочности для вала при совместном действии изгиба и кручения.
- 30 Каким образом определяют диаметр вала из условий прочности?

Раздел 8. Напряженно-деформированное состояние

Тензор напряжений. Главные площадки и главные напряжения. Типы напряженного состояния. Обобщенный закон Гука. Расчет на прочность при сложном напряженном состоянии. Эквивалентное напряжение. Теории прочности. Расчет на прочность пространственных систем.

Контрольные вопросы

- 1 Напряженное состояние в точке.
- 2 Компоненты напряженного состояния – обозначение напряжений и правило знаков.
- 3 Закон парности касательных напряжений.
- 4 Напряжения на гранях элементарного объема тела.
- 5 Тензор напряжений.
- 6 Главные площадки и главные напряжения.
- 7 Тензор главных напряжений.
- 8 Инварианты напряженного состояния.
- 9 Линейное (одноосное) напряженное состояние.
- 10 Плоское (двухосное) напряженное состояние.
- 11 Объемное (трехосное) напряженное состояние.
- 12 Максимальное касательное напряжение.
- 13 Октаэдрические напряжения.
- 14 Шаровый тензор и девиатор напряжений.
- 15 Деформированное состояние в точке.
- 16 Обобщенный закон Гука.
- 17 Потенциальная энергия деформации.
- 18 Потенциальная энергия формоизменения.
- 19 Основные зависимости при плоском напряженном состоянии.
- 20 Закон Гука для плоского напряженного состояния.
- 21 Назначение теорий прочности.
- 22 Предельное напряженное состояние. Коэффициент запаса.
- 23 Эквивалентное напряжение.
- 24 Условие прочности при сложном напряженном состоянии.
- 25 I и II теории прочности.
- 26 III теория прочности.
- 27 IV теория прочности.
- 28 Теория Мора (V теория прочности).

- 29 Порядок расчета пространственной стержневой системы.
- 30 Порядок расчета тонкостенной оболочки вращения.

Раздел 9. Устойчивость сжатых стержней

Понятие об устойчивости прямолинейной формы равновесия центрально сжатых стержней. Критическая сила. Условие устойчивости прямолинейной формы равновесия центрально сжатых стержней. Формула Эйлера. Расчет сжатых стержней на устойчивость.

Контрольные вопросы

- 1 Что понимают под устойчивостью?
- 2 Что понимают под потерей устойчивости?
- 3 Критическая сила.
- 4 Задача Л. Эйлера.
- 5 Обобщенная формула Л. Эйлера.
- 6 Коэффициент приведения длины.
- 7 Граничные условия в задачах устойчивости.
- 8 Типовые случаи закрепления сжатых стержней.
- 9 Коэффициенты приведения длины для типовых случаев закрепления сжатых стержней.
- 10 Критические напряжения исходя из обобщенной формулы Л. Эйлера.
- 11 Гибкость стержня.
- 12 Минимальный радиус инерции поперечного сечения стержня.
- 13 Критические напряжения с учетом гибкости стержня.
- 14 Предельная гибкость стержня.
- 15 Потеря устойчивости при упругопластическом деформировании стержня.
- 16 Формула Ясинского.
- 17 Обобщенная кривая устойчивости.
- 18 Стержни малой гибкости.
- 19 Стержни средней гибкости.
- 20 Стержни большой гибкости.
- 21 Проверочный расчет сжатых стержней на устойчивость.
- 22 Определение допускаемой сжимающей силы.
- 23 Проектировочный расчет в расчетах на устойчивость.

- 24 Общий порядок расчета сжатых стержней на устойчивость.
- 25 Коэффициент запаса устойчивости.
- 26 Рациональное проектирование сжатых стержней – выбор материала.
- 27 Рациональное проектирование сжатых стержней – выбор формы поперечного сечения стержня.
- 28 Рациональное проектирование сжатых стержней – выбор условий закрепления.
- 29 Продольно-поперечный изгиб бруса.
- 30 Приближенный метод расчета при продольно-поперечном изгибе бруса.

Раздел 10. Прочность при переменных напряжениях

Усталостное разрушение деталей. Циклы напряжений. Предел выносливости. Факторы, влияющие на сопротивление усталости. Запас сопротивления усталости.

Контрольные вопросы

- 1 Что понимают под усталостью материала детали?
- 2 Что понимают под сопротивлением усталости?
- 3 Три стадии процесса усталостного разрушения деталей.
- 4 Малоцикловая и многоцикловая усталость.
- 5 Общий вид цикла переменных во времени напряжений.
- 6 Основные параметры цикла напряжений.
- 7 Коэффициент асимметрии цикла.
- 8 Характерные циклы напряжений.
- 9 Предел выносливости.
- 10 Кривая выносливости.
- 11 Циклическая долговечность.
- 12 Диаграмма предельных амплитуд.
- 13 Коэффициент ψ_σ .
- 14 Что называют концентрацией напряжений?
- 15 Концентраторы напряжений.
- 16 Теоретический коэффициент концентрации напряжений.
- 17 Эффективный коэффициент концентрации напряжений.
- 18 Конструктивные способы уменьшения концентрации напряжений.
- 19 Коэффициент качества поверхности.

- 20 Технологические методы поверхностного упрочнения.
- 21 Масштабный эффект.
- 22 Масштабный фактор.
- 23 Коэффициент снижения предела выносливости.
- 24 Запас сопротивления усталости.
- 25 Расчет деталей на статическую прочность и сопротивление усталости.
- 26 Запас сопротивления усталости при симметричном цикле изменения напряжений.
- 27 Условие прочности при симметричном цикле изменения напряжений.
- 28 Запас сопротивления усталости при асимметричном цикле изменения напряжений.
- 29 Условие прочности при асимметричном цикле изменения напряжений.
- 30 Запас сопротивления усталости при сложном напряженном состоянии (изгиб с кручением).

Раздел 11. Удар

Теория удара. Расчет на удар при осевом действии нагрузки. Расчет на удар при изгибе. Механические свойства материалов при ударе.

Контрольные вопросы

- 1 Что понимают под ударом?
- 2 Гипотезы в теории удара.
- 3 Принцип Даламбера.
- 4 Закон сохранения энергии.
- 5 Закон Гука при ударе.
- 6 Кинетическая энергия при ударе.
- 7 Потенциальная энергия при ударе.
- 8 Преобразование энергии при ударе.
- 9 Нагрузка при ударе.
- 10 Внутренние силовые факторы при ударе.
- 11 Напряжения при ударе.
- 12 Деформации при ударе.
- 13 Динамический коэффициент.
- 14 Условие прочности при динамическом нагружении.

15 Факторы, влияющие на сопротивление бруса динамическому нагружению.

Самостоятельная работа студентов в соответствии с рабочей программой дисциплины «Сопротивление материалов» предусматривает подготовку, выполнение индивидуальных заданий и оформление отчетов по следующим **темам практических занятий**:

- 1 Расчет статически определимых и статически неопределимых стержней при растяжении (сжатии).
- 2 Расчет статически определимых шарнирно-стержневых систем при растяжении (сжатии).
- 3 Расчет статически неопределимых шарнирно-стержневых систем при растяжении (сжатии).
- 4 Расчет заклепочных и сварных соединений.
- 5 Расчет статически определимых и статически неопределимых брусьев при кручении.
- 6 Расчет валов на прочность при кручении.
- 7 Геометрические характеристики сечений.
- 8 Расчет балок при изгибе.
- 9 Определение перемещений при изгибе.
- 10 Определение перемещений методом Максвелла-Мора.
- 11 Внецентренное растяжение (сжатие).
- 12 Расчет валов круглого поперечного сечения при совместном действии изгиба и кручения.
- 13 Расчет элементов конструкций при плоском напряженном состоянии.
- 14 Расчет на прочность пространственных систем.
- 15 Расчет стержней на устойчивость.
- 16 Расчет валов на сопротивление усталости.

Самостоятельная работа студентов по дисциплине «Сопротивление материалов» включает подготовку к **зачету и экзамену**.

Контрольные вопросы к зачету

- 1 Цель и задачи дисциплины. Моделирование реального объекта.
- 2 Внутренние силы. Метод сечений.
- 3 Напряжения. Деформации и перемещения. Закон Гука.

- 4 Напряженно-деформированное состояние образца. Испытание на растяжение. Испытание на сжатие.
- 5 Влияние различных факторов на механические свойства материалов.
- 6 Расчет на прочность. Коэффициент запаса.
- 7 Определение нормальных сил при растяжении и сжатии стержней.
- 8 Основные зависимости при растяжении и сжатии стержней.
- 9 Расчет статически определимых стержней при растяжении и сжатии.
- 10 Расчет статически неопределимых стержней при растяжении и сжатии.
- 11 Расчет статически определимых шарнирно-стержневых систем при растяжении и сжатии.
- 12 Расчет статически неопределимых шарнирно-стержневых систем при растяжении и сжатии.
- 13 Чистый сдвиг. Закон Гука при сдвиге.
- 14 Кручение бруса круглого сечения.
- 15 Сравнительный анализ сплошных и полых валов.
- 16 Расчет валов на прочность при кручении.
- 17 Расчет валов на жесткость при кручении.
- 18 Характер разрушения валов.
- 19 Статически неопределимые задачи на кручение.
- 20 Кручение бруса прямоугольного сечения.
- 21 Кручение тонкостенного стержня открытого профиля.
- 22 Расчет витых цилиндрических пружин.
- 23 Площади и статические моменты сечений.
- 24 Моменты инерции сечений: осевой, полярный, центробежный.
- 25 Главные центральные моменты инерции сечений.
- 26 Дифференциальные зависимости при изгибе.
- 27 Интегральные зависимости при изгибе.
- 28 Чистый изгиб.
- 29 Рациональные формы сечения балок при изгибе.
- 30 Поперечный изгиб.

Контрольные вопросы к экзамену

- 1 Перемещения в балках при изгибе. Интегрирование дифференциального уравнения изогнутой оси балки.
- 2 Метод Максвелла-Мора. Способ А. К. Верещагина.
- 3 Балки равного сопротивления изгибу.
- 4 Статически определимые стержневые системы при изгибе.
- 5 Статически неопределимые стержневые системы при изгибе.
- 6 Расчет балок на упругом основании.
- 7 Косой изгиб.
- 8 Косой изгиб с растяжением (сжатием).
- 9 Внецентренное растяжение (сжатие).
- 10 Расчет вала круглого поперечного сечения при совместном действии изгиба и кручения.
- 11 Напряженное состояние в точке.
Компоненты напряженного состояния.
- 12 Тензор напряжений.
- 13 Главные площадки и главные напряжения.
- 14 Типы напряженного состояния.
- 15 Обобщенный закон Гука.
- 16 Потенциальная энергия деформации и потенциальная энергия формоизменения.
- 17 Плоское напряженное состояние.
- 18 Расчет на прочность при сложном напряженном состоянии.
- 19 Эквивалентное напряжение.
- 20 III теория прочности.
- 21 IV теория прочности.
- 22 Теория Мора (V теория прочности).
- 23 Расчет на прочность пространственных систем.
- 24 Понятие об устойчивости прямолинейной формы равновесия центрально сжатых стержней. Критическая сила.
- 25 Условие устойчивости прямолинейной формы равновесия центрально сжатых стержней. Формула Эйлера.
- 26 Расчет сжатых стержней на устойчивость.
- 27 Усталостное разрушение деталей. Циклы напряжений. Предел выносливости.
- 28 Основные факторы, влияющие на усталостную прочность деталей.

29 Запас сопротивления усталости.

30 Теория удара.

3. КОНТРОЛЬ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется при проведении текущего контроля успеваемости (5, 9, 13 и 17 недели учебного семестра) и при промежуточной аттестации студентов (зачет и экзамен).

Текущий контроль успеваемости студентов

Оценочными средствами при проведении текущего контроля успеваемости являются контрольные вопросы и отчеты по практическим занятиям.

При проведении письменного опроса обучающиеся на чистом листе бумаги записывают фамилию и инициалы, номер группы, дату проведения опроса и два контрольных вопроса. В течение десяти минут обучающиеся отвечают на заданные вопросы. Применение рукописных, печатных и технических источников информации при проведении текущего контроля успеваемости не допускается.

Критерии оценивания:

- 40 баллов – при правильном и полном ответе на два контрольных вопроса;
- 30-39 баллов – при правильном и полном ответе на один контрольный вопрос и правильном, но не полном ответе на второй контрольный вопрос;
- 20-29 баллов – при правильном и полном ответе на один контрольный вопрос или правильных, но не полных ответах на два контрольных вопроса;
- 10-19 баллов – при правильном, но не полном ответе на один контрольный вопрос;
- 0-9 баллов – при отсутствии ответов или правильных ответов на контрольные вопросы.

При проведении текущего контроля успеваемости обучающиеся предоставляют на проверку два отчета по практическим занятиям. Отчеты по практическим занятиям должны соответствовать требованиям, изложенным в методических указаниях к практическим занятиям.

Критерии оценивания:

- 60 баллов – при правильном выполнении и оформлении двух отчетов по практическим занятиям;
- 31-59 баллов – при правильном выполнении и оформлении одного отчета и правильном оформлении, но неверном выполнении второго отчета по практическим занятиям или при правильном оформлении, но неверном выполнении двух отчетов по практическим занятиям;
- 30 баллов – при правильном выполнении и оформлении одного отчета по практическому занятию;
- 1-29 баллов – при правильном оформлении, но неверном выполнении одного отчета по практическому занятию;
- 0 баллов – при отсутствии отчетов по практическим занятиям.

Суммарное количество баллов, полученное при проверке ответов на контрольные вопросы и отчетов по практическим занятиям, проставляется в электронную ведомость текущей успеваемости обучающихся.

Промежуточная аттестация студентов

Формами промежуточной аттестации по дисциплине «Сопротивление материалов» являются письменный зачет в третьем семестре и письменный экзамен в четвертом семестре.

К промежуточной аттестации допускаются обучающиеся, выполнившие требования текущего контроля успеваемости.

Оценочными средствами при проведении промежуточной аттестации являются контрольные вопросы и типовые задачи.

При проведении промежуточной аттестации обучающиеся получают билет, в котором содержится два контрольных вопроса и типовая задача. На чистом листе бумаги обучающиеся записывают фамилию и инициалы, индекс и номер группы, дату проведения промежуточной аттестации, номер билета, контрольные вопросы и условие задачи. В течение одного часа обучающиеся отвечают на вопросы и решают задачу. Применение рукописных, печатных и технических источников информации при проведении промежуточной аттестации не допускается. Для решения типовых задач возможно использование нормативно-справочных материалов, предо-

ставленных экзаменатором. Обучающимся могут быть заданы уточняющие устные вопросы по билету.

Критерии оценивания:

- 91-100 баллов – при правильном и полном ответе на два контрольных вопроса и правильно и полностью решенной задаче;
- 81-90 баллов – при правильном и полном ответе на два контрольных вопроса и полностью, но с ошибками, решенной задаче или при правильном, но не полном, ответе на два контрольных вопроса и правильно и полностью решенной задаче;
- 61-80 – при правильном и полном ответе на два контрольных вопроса и не полностью или с ошибками решенной задаче или при правильном и полном ответе на один контрольный вопрос и правильно и полностью решенной задаче;
- 31- 60 – при правильном и полном ответе на два контрольных вопроса и отсутствии или неправильно решенной задаче;
- 10-30 – при правильном и полном ответе на один контрольный вопрос и отсутствии или неправильно решенной задаче;
- 0-9 – при отсутствии ответов или правильных ответов на контрольные вопросы и отсутствии или неправильно решенной задаче.

Оценка, полученная при проведении промежуточной аттестации, проставляется в зачетную книжку, печатную и электронную ведомость промежуточной аттестации обучающихся.

Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация обучающихся может проводится в форме тестирования в системе Moodle.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Павлов, П. А. Сопротивление материалов. – Санкт-Петербург : Лань, 2017. – 556 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/90853>. – Загл. с экрана. (12.03.2019).
- 2 Степин, П. А. Сопротивление материалов. – Санкт-Петербург : Лань, 2014. – 320 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/3179>. – Загл. с экрана.
- 3 Сопротивление материалов [Текст] : учебное пособие по решению задач / И. Н. Миролюбов [и др.]. – Санкт-Петербург : Лань, 2014. – 512 с. – Доступна электронная версия : http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=39150.
- 4 Сопротивление материалов [Электронный ресурс]. – Москва : Директ-Медиа, 2014. – 485 с. – Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=226084. – Загл. с экрана.
- 5 Макаров, Е. Г. Сопротивление материалов с использованием вычислительных комплексов : в 2 кн. [Текст] Кн. 1. Основной курс : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям подготовки и специальностям в области техники и технологии / Е. Г. Макаров. – Москва : Высшая школа, 2009. – 406 с.
- 6 Макаров, Е. Г. Сопротивление материалов с использованием вычислительных комплексов: в 2 кн. [Текст] Кн. 2. Решение задач в Mathcad (с компакт-диском) : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям подготовки и специальностям в обл. техники и технологии / Е. Г. Макаров. – Москва : Высшая школа, 2010. – 406 с. CD-ROM.