

Программа курса «сопротивление материалов» для СС-13(11- 13)

Направление 270800 - Строительство
 Специальность 271101 – Строительство уникальных зданий и сооружений
 Специализация – Строительство высотных и большепролетных зданий и сооружений
 Институт Инженерно-строительный
 Кафедра Автомобильные дороги и городские сооружения
 Программу составила доц. Мартынова Т.П.

Курс «сопротивление материалов» изучается в 4-ом семестре:

Аудиторные занятия 108 часов (лекции - 36 час., практика - 54 час., лабораторные-18 час.); **Самостоятельная работа** 72 час. (теория-36 час., курсовая работа-36 час.) **Контроль** – экзамен.

Основная литература по курсу «Сопротивление материалов»:

1. Сопротивление материалов. Учебное пособие: в 2-х ч. Ч. 1 / Т. П. Мартынова, И. В. Богомаз, В.В.Москвичев. – М.: Изд. АСВ, 2008. – 176с. (теория).
2. Сопротивление материалов. Учеб. пособие: в 2-х ч. Ч. 2 / Т. П. Мартынова, И. В. Богомаз, В.В.Москвичев. – М.: Изд. АСВ, 2008. – 192с. (теория).
3. Сопротивление материалов в примерах и задачах: учеб. пособие: в 2-х ч. Ч. 1 /Т. П. Мартынова, Н. В. Новикова. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2011. – 176 с.
4. Сопротивление материалов в примерах и задачах: учеб. пособие: в 2-х ч. Ч. 2 /Т. П. Мартынова, Е. А. Чабан. – Красноярск: Сибир. федер. ун-т, 2011. – 194 с.
5. Сопротивление материалов. Определение внутренних силовых факторов. Практикум. / А. В. Колесников, Г. Г. Казанцев. – Красноярск: Сибир. федер. ун-т, 2012. – 50 с.
6. Сопротивление материалов. Расчет на прочность и жесткость при растяжении и сжатии. Практикум. / Г. Г. Казанцев А. В. Колесников, – Красноярск: Сибир. федер. ун-т, 2012. – 48 с.
7. Сопротивление материалов. Расчет балок на прочность и жесткость. Практикум. / В. Э. Герстенбергер, Т. П. Мартынова, - Красноярск: Сибир. федер. ун-т, 2012. – 72 с.
8. Сопротивление материалов. Расчет бруса на сложное сопротивление. / А. В. Колесников, Н. В. Новикова. Красноярск: ИПК СФУ, 2009.–84 с.
9. Сопротивление материалов. Устойчивость и динамика стержня. Практикум. / В. Г. Кудрин, В. Н. Щербань. Красноярск: Сибир. федер. ун-т, 2011. – 60 с.
10. Сопротивление материалов: задачник: в 2 ч.Ч 1/ В.Э.Герстенбергер,

- Т.П. Мартынова, Е.А. Чабан.- 2-е изд., испр. доп. – Красноярск: Сиб, федер. ун-т, 2013. – 66 с.
11. Сопротивление материалов: задачник: в 2 ч. Ч 2/ В.Э.Герстенбергер, Т.П. Мартынова, Е.А. Чабан.- 2-е изд., испр. доп. – Красноярск: Сиб, федер. ун-т, 2013. – 78 с.
 12. Сопротивление материалов. Расчет конструкций в упруго – пластической стадии. Практикум. / Т. П. Мартынова, Н. В. Новикова. Красноярск: Сибир. федер. ун-т, 2011. – 80 с.
 13. Сопротивление материалов. Справочные материалы к лабораторно-практическим занятиям / Сибир. федер. ун-т: сост. Т. П. Мартынова.- 2-ое изд. – Красноярск: СФУ, 2011. – 28 с.
 14. Сопротивление материалов. Учебно – методическое пособие для лабораторной работы «Исследование напряжений при помощи датчиков омического сопротивления»/ сост. В.Н. Щербань. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2013. – 20 с.

Самостоятельная работа студентов подразумевает выполнение **курсовой работы** под руководством преподавателя. Рекомендуемые методические материалы для выполнения КР выбираются из списка основной литературы [5,6,7,8,9]. Варианты заданий для выполнения КР выдаются преподавателем, ведущим практические занятия.

Содержание курсовой работы по сопротивлению материалов:

«Расчет стержней на прочность и жесткость при различных видах нагружения»

Тема 1. *Определение внутренних силовых факторов и построение эпюр (8 задач).* [5]

Для указанных расчетных схем необходимо определить опорные реакции; записать аналитические выражения внутренних силовых факторов на каждом участке и построить их эпюры; определить наибольшие значения внутренних силовых факторов для каждой схемы; проверить эпюры.

1 строка: схемы 1 – 2 (растяжение и кручение);

2 строка: схемы 1 – 2 (изгиб балки);

3 строка: схемы 1 – 4 (изгиб балки; рамы).

Тема 2. *Расчет на прочность и жесткость при растяжении и сжатии (2 задачи).* [6]

1. Задача №2. Для ступенчатого бруса определить внутренние усилия и построить их эпюру. Подобрать поперечные сечения каждой ступени. Построить эпюру перемещений.

2. Задача №3. Жесткий брус поддерживается тремя стержнями.

Подобрать размеры поперечных сечений стержней из условия прочности.

Тема 3. Расчет балок на прочность и жесткость (2задачи).[7]

1.Задача №1. Для заданного несимметричного сечения требуется: определить положение центра тяжести, значения центральных моментов инерции, положение главных центральных осей и значения главных центральных моментов инерции; указать положение плоскости наибольшей жесткости.

2.Задача №2. Для заданной консольной балки требуется: определить расчетные нагрузки и построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов; из условия прочности по нормальным напряжениям подобрать три типа поперечных сечений; определить наибольшие касательные напряжения для тонкостенного профиля и проверить его прочность; найти прогиб сечения T и угол поворота сечения K и проверить жесткость балки.

Тема 4. Расчет бруса на сложное сопротивление (1задача).[8]

Задача №2. (Внецентренное сжатие). Для короткого чугунного стержня заданного сечения, сжатого силой F , требуется: найти положение центра тяжести сечения; вычислить главные центральные моменты и радиусы инерции сечения; найти положение опасных точек сечения, и записав для них условия прочности, определить несущую способность стержня; построить эпюру нормальных напряжений; построить ядро сечения.

Тема 5. Устойчивость и динамика стержня (2задачи).[9]

Задача №1. (Устойчивость сжатой стойки). Для данной стойки с заданным типом поперечного сечения, вычислив расчетную нагрузку, определить размеры сечения из условия устойчивости; определить критическую силу и коэффициент запаса устойчивости.

Задача №2. (Ударное нагружение). Для заданной стержневой системы, на которую с высоты h падает груз Q , из условия прочности определить допускаемую высоту падения груза.

Варианты заданий по темам 1,2,3,4,5 (задача №2) выбираются так:

– *числовые* данные находят в таблицах по последней цифре номера группы. Таким образом, для всех студентов каждой группы числовые данные имеют одинаковое значение;

– *схему* стержня выбирают в соответствии со списочным номером студента в журнале преподавателя.

Вариант задания по теме 5 (задача №1) выдается преподавателем по *шифру* $a - b - c$:

a – схема закрепления стойки, $1 \leq a \leq 6$;

b – схема поперечного сечения стойки, $1 \leq b \leq 10$;

c – вариант расчетных данных, $1 \leq c \leq 30$.

Выполненная курсовая работа (КР) на страницах формата А4 представляет собой *пояснительную записку, включающую текст, расчетные схемы, эскизы и выводы*. КР принимается после защиты и оценивается по пятибалльной шкале. При этом учитываются теоретические знания по теме и способность применять их к решению конкретных практических задач.

Программа курса «сопротивление материалов»

Раздел 1. ПРОСТЫЕ ВИДЫ НАГРУЖЕНИЙ БРУСА [1]

Тема 1. Введение. Схематизации. Внутренние усилия. Метод сечений. Построение эпюр. Напряжения и деформации[1, гл.1 и 2].

Введение. Задачи и содержание дисциплины «Сопротивление материалов» (СМ). Понятие прочности, жесткости и устойчивости. Реальный объект и расчетная схема. Геометрическая схематизация элементов конструкций. Основные гипотезы. Внешние силы, их классификация. Принцип независимости действия сил. Внутренние силы. Метод сечений. Составляющие главного вектора и главного момента внутренних сил. Простые виды нагружений бруса. Правила построения и контроля эпюр. Анализ внутренних усилий при растяжении, изгибе, кручении. Понятие о напряжении. Напряжение полное, нормальное и касательное. Интегральные зависимости между составляющими напряжения и суммарными внутренними силовыми факторами. Перемещения и деформации. Абсолютные и относительные деформации. Напряженное и деформированное состояние в точке.

Вопросы для самопроверки

1. *Что называется бруском и осью бруса?* 2. *Что собой представляют нагрузки (внешние силы)?* 3. *Что собой представляют внутренние силы? Как они определяются?* 4. *Из каких операций складывается метод сечений?* 5. *Какие внутренние усилия могут возникать в общем случае нагружения?* 6. *Что называется эпюрой внутреннего усилия и для чего она строится?* 7. *Что называется напряжением в точке? Единицы измерения напряжения.* 8. *Какое напряжение называется полным, нормальным, касательным?* 9. *Что называется деформацией?* 10. *Какие деформации называются упругими? Остаточными? Абсолютными? Относительными?*

Тема 2. Растяжение и сжатие [1, гл.3 и 4].

Растяжение и сжатие бруса. Примеры из инженерной практики. Напряжения в поперечном сечении. Гипотеза Бернулли. Принцип Сен-Венана. Основные допущения. Напряжения в сечениях, наклонных к оси бруса. Закон Гука при растяжении, сжатии. Модуль упругости E .

Продольные и поперечные деформации бруса при растяжении, сжатии. Коэффициент Пуассона. Определение перемещений. Эпюры напряжений и перемещений. Жесткость при растяжении, сжатии. Испытание материалов на растяжение и сжатие. Диаграмма растяжения для пластичной стали. Основные характеристики прочности и пластичности материалов. Истинная и условная диаграмма напряжений. Закон разгрузки и повторного нагружения. Явление наклепа. Диаграмма сжатия. Физическая сущность механизма упругой и пластической деформации. Понятие о ползучести и релаксации.

Вопросы для самопроверки

1. Какой вид нагружения бруса называется центральным растяжением? 2. Как строится эпюра продольных сил? 3. Записать формулу нормальных напряжений при растяжении. 4. В чём сущность гипотезы Бернулли? 5. Записать и сформулировать закон Гука. 6. Что называется модулем упругости? 7. Написать формулу для абсолютного удлинения. 8. Что такое относительное удлинение? 9. Что называется коэффициентом Пуассона? 10. Сформулировать закон парности касательных напряжений. 11. Записать условие жёсткости при растяжении. 12. Как строится диаграмма растяжения? 13. Перечислите основные характеристики прочности. 14. Что называется пределом прочности и что пределом упругости, пределом текучести? 15. Перечислите характеристики упругости и пластичности. 16. В чём состоит различие между пластичными и хрупкими материалами? 17. Что такое наклёп? Релаксация?

Тема 3. Методы расчетов на прочность [1, гл. 5].

Основные задачи расчетов на прочность. Метод расчёта по допускаемым напряжениям. Коэффициент запаса прочности. Условие прочности и три вида расчётов на прочность. Метод расчёта по предельным состояниям. Строительные нормы и правила (СНиП). Две группы предельных состояний. Нормативные и расчётные нагрузки. Нормативное и расчётное сопротивление материалов. Условие прочности при растяжении и сжатии и расчёты на прочность.

Вопросы для самопроверки

1. Что называется прочностью? 2. Основные задачи расчётов на прочность. 3. Какие напряжения называются опасным, а какие-допустимыми? 4. Что такое коэффициент запаса прочности и от чего он зависит? 5. Как формулируется условие прочности по допускаемым напряжениям? 6. Какой метод применяется для расчёта на прочность строительных конструкций? 7. Какое состояние конструкций называют

предельным (опасным)? 8. Охарактеризуйте две группы предельных состояний? 9. Что такое СНиП? 10. Какие нагрузки называют нормативным и какие - расчётными? 11. С учетом каких нагрузок ведётся расчёт на прочность и каких на жёсткость? 12. Как называются коэффициенты $\gamma_f, \gamma_m, \gamma_c$? Что они учитывают? 13. Запишите условие прочности для растянутого стержня по предельным состояниям. 14. Какие типы задач можно решать с помощью этого условия?

Тема 4. Геометрические характеристики плоских сечений.

Площадь, статические моменты и центр тяжести сечения. Осевой, полярный и центробежный моменты инерции. Осевые моменты инерции прямоугольника, треугольника, круга. Прокатные профили. Сортамент. Зависимость между моментами инерции для параллельных осей. Изменение осевых и центробежного моментов инерции при повороте осей. Определение положения главных осей и вычисление главных центральных моментов инерции сложных сечений. Прокатные профили. Сортамент.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое статический момент площади? 2. По каким формулам находят координаты центра тяжести плоской фигуры? 3. Какие оси называются центральными? 4. Охарактеризуйте осевой, полярный и центробежный моменты инерции? Какой из них может быть отрицательным? Равным нулю? 5. Запишите формулы для вычисления моментов инерции прямоугольного и круглого сечений относительно центральных осей? 6. Как изменяются моменты инерции при параллельном переносе осей? 7. Какие оси называются главными и главными центральными? 8. Для каких фигур можно без вычислений установить положение главных центральных осей? 9. По какой формуле определяются главные моменты инерции и угол наклона этих осей?

Тема 5. Прямой изгиб бруса. Чистый и поперечный изгиб. Перемещения при изгибе [1, гл. 7].

Изгиб прямого бруса. Основные понятия теории изгиба. Чистый изгиб бруса. Напряжения при чистом изгибе. Осевой момент сопротивления сечения. Расчет на прочность по нормальным напряжениям. Осевой момент сопротивления сечения. Поперечный изгиб бруса. Формула Журавского. Расчет на прочность при изгибе. Рациональные формы сечения балок. Перемещения при изгибе. Прогиб и угол поворота сечения. Дифференциальное уравнение упругой линии. Определение перемещений методом непосредственного интегрирования. Граничные условия. Способы

уравнивания произвольных постоянных. Метод начальных параметров. Вывод универсального уравнения, граничные условия. Расчет балок на жесткость.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое чистый изгиб и поперечный изгиб? 2. Какие типы опор используют для закрепления балок? 3. Каков порядок построения эпюр изгибающих моментов M и поперечных сил Q ? 4. Какая зависимость существует между величинами M и Q ? 5. Как находят максимальный изгибающий момент? 6. В чём сущность гипотезы плоских сечений? 7. Какая ось называется нейтральной? 8. По каким формулам определяются нормальные и касательные напряжения? 9. Постройте эпюры распределения нормальных и касательных напряжений по высоте сечения балки. 10. Что называется напряжением? 11. Что называется моментом сопротивления при изгибе? 12. Расчеты на прочность при изгибе. Проектирование рациональных форм поперечных сечений балок. 13. Каков порядок определения прогиба методом начальных параметров? 14. Что такое начальные параметры? 15. Сформулируйте условие жёсткости при изгибе.

Тема 6. Сдвиг и кручение бруса [1, гл. 8].

Чистый сдвиг. Напряжения и деформации при сдвиге. Закон Гука. Модуль сдвига G . Зависимости между упругими постоянными E , ν , G для изотропного материала. Практические расчеты на срез и смятие на примере заклепочного соединения. Кручение. Основные допущения. Кручение стержней круглого сечения. Напряжения при кручении. Расчет на прочность. Угол закручивания. Жесткость при кручении. Моменты сопротивления сплошных и полых стержней круглого сечения. Расчеты валов на жесткость. Анализ напряженного состояния и разрушения при кручении.

Вопросы для самопроверки

1. Какой вид нагружения называется сдвигом? 2. Изобразите элемент в состоянии чистого сдвига. Как изменятся напряжения, если элемент повернуть на 45 градусов? 3. Что называется абсолютным и относительным сдвигом? 4. Как формируется закон Гука при сдвиге? 5. Какие разрушения возможны для заклепочного соединения? 6. Запишите условие прочности на срез и смятие. 7. Что такое кручение? 8. Какие напряжения возникают в поперечном и продольном сечении круглого стержня при кручении и закон их распределения? 9. Как найти их величину в произвольной точке поперечного сечения? 10. Запишите условие прочности при кручении. 11. Чему равен момент сопротивления

кольцевого сечения? 12. По какой формуле вычисляют угол закручивания? 13. Запишите условие жесткости. 14. Возникают ли при кручении нормальные напряжения?

Тема 7. Основы теории напряженного и деформированного состояния в точке [1, гл. 9].

Напряжения в точке. Главные площадки. Главные напряжения. Линейное, плоское и объёмное напряжённое состояние. Плоское напряжённое состояние. Исследование напряженного состояния с помощью круга Мора. Формула для определения главных напряжений. Обобщенный закон Гука. Потенциальная энергия, деформации при объемном напряженном состоянии. Энергия изменения объема и изменения формы. Траектории главных напряжений.

Вопросы для самопроверки

1. Какие виды напряжённого состояния в точке вы знаете? 2. Какие площадки называются главными? 3. Какие напряжения называются главными; их значения? 4. Что называется кругом Мора? 5. Как определяются величина главных напряжений и положение главных площадок с помощью круга Мора? 6. В чем заключается прямая и обратная задача? 7. Запишите формулы обобщенного закона Гука. 8. Что называется траекторией напряжений?

Тема 8. Теории прочности [1, гл. 10].

Хрупкое и вязкое разрушение. Предельное состояние материала. Критерии пластичности и разрушения. Эквивалентные напряжения. Четыре теории прочности. Теория Мора.

Вопросы для самопроверки

1. Какие состояния проходят до разрушения пластичные и хрупкие материалы? 2. По какому механизму разрушаются хрупкие и пластичные материалы? 3. Чем характеризуется опасное состояние материала? 4. Что называется эквивалентным напряжением? 5. Какие два критерия пластичности вы знаете? 6. Какие два критерия разрушения вы знаете? 7. Запишите условие прочности по теории Мора. Для каких материалов её применяют?

Раздел 2. СЛОЖНЫЕ ВИДЫ НАГРУЖЕНИЯ БРУСА

Тема 9. Сложное сопротивление бруса [2, гл. 1].

Сложное сопротивление бруса. Сложный и кривой изгиб. Определение напряжений, нулевая линия, условие прочности, перемещения. Внецентренное сжатие (растяжение). Определение напряжений, нулевая линия, выявление опасных точек сечения, расчеты на прочность. Ядро сечения. Изгиб с кручением. Порядок расчета вала круглого сечения. Условия прочности вала по различным теориям прочности.

Вопросы для самопроверки

1. Какой принцип лежит в основе расчетов на сложное сопротивление? 2. Какой изгиб называется косым? 3. Как установить положение нейтральной линии при косом изгибе? 4. В каких точках поперечного сечения возникают наибольшие напряжения при косом изгибе? 5. Может ли балка круглого поперечного сечения испытывать кривой изгиб? 6. Какой вид нагружения называют внецентренным сжатием? 8. В виде сочетания каких простых нагружений представляют кривой изгиб и внецентренное сжатие? 9. Как находят напряжения в произвольной точке поперечного сечения при внецентренном растяжении или сжатии? 10. Что называют ядром сечения? 11. Порядок расчета круглого вала на изгиб с кручением? 12. По каким теориям прочности оценивают прочность вала из пластичного материала? Из хрупкого материала?

Тема 10. Энергетический метод определения перемещений упругих систем [2, гл. 2].

Потенциальная энергия упругой деформации. Обобщенные силы и перемещения. Работа внешних и внутренних сил. Возможные перемещения и возможная работа. Теоремы о взаимности работ и перемещений. Принцип возможных перемещений. Формула Мора для вычисления перемещений. Способ Верещагина. Формулы для перемножения эпюр.

Вопросы для самопроверки

1. На каком законе и принципе основан энергетический метод определения перемещений? 2. Какие два состояния заданной системы нужно рассматривать при вычислении перемещений по формуле Мора? 2. Как изображается единичное состояние системы для определения линейного и углового перемещения? 3. В чём сущность способа Верещагина? 4. Каков порядок расчета по формуле Мора? Способом Верещагина? 5. Объясните формулу Симпсона.

Тема 11. Статически неопределимые системы[2, гл. 3].

Классификация стержневых систем. Геометрически неизменяемые и изменяемые системы. Связи необходимые и «лишние». Статически неопределимые системы (СНС). Степень статической неопределимости. Метод сил для расчета СНС. Порядок расчета. Статически неопределимые рамы и балки. Статические неопределимые стержневые системы. Температурные и монтажные напряжения. Определение перемещений.

Вопросы для самопроверки

1. *Какие связи называются необходимыми? Сколько их? 2. Какие связи называются лишними? 3. Какие системы называются статически неопределимыми, а какие статически определимыми? 4. В чём заключается сущность метода сил? 5. Что называется основной системой и что эквивалентной? 6. Что означают величины δ_{11} и Δ_{1F} ? 7. Каков физический смысл канонического уравнения? 8. Какими достоинствами и недостатками обладают статически неопределимые системы?*

Тема 12. Расчеты стержневых систем с учетом развития пластических деформаций [2, гл. 4].

Расчеты на прочность с учетом развития пластических деформаций. Метод предельного равновесия. Расчет предельной нагрузки в стержневых системах, работающих на растяжение (сжатие). Расчет статически определимой балки с учетом развития пластических деформаций. Три стадии работы балки. Пластический шарнир. Расчет пластического предельного момента. Расчет статически неопределимой балки с учетом развития пластических деформаций. Остаточные напряжения.

Вопросы для самопроверки

1. *Что представляет собой опасная нагрузка при упругом расчете? Почему эта нагрузка во многих случаях не приводит к исчерпанию несущей способности конструкции? 2. Что представляет собой предельная (опасная) нагрузка при расчете с использованием пластических свойств материала? 3. Почему расчет по методу предельного равновесия является более экономичным, чем расчет по напряжениям (упругий расчет)? 4. Что представляет собой схематизированная диаграмма растяжения идеально упруго - пластического материала (так называемая диаграмма Прандтля)? 5. Как определить предельную нагрузку в простейших статически неопределимых системах, работающих на растяжение,*

сжатие? 6. Найдите условие прочности по методу предельного равновесия. 7. Что представляет собой пластический шарнир?

2. Тема 13. Устойчивость сжатых стержней [2, гл. 5].

Устойчивость сжатых стержней (продольный изгиб). Формы равновесия. Критические нагрузки. Формула Эйлера для шарнирно-опертого стержня. Обобщенная формула Эйлера для различных видов закрепления стержня. Пределы применимости формулы Эйлера. Потеря устойчивости за пределами упругости (формула Ясинского). Расчет сжатых стержней на устойчивость по нормам строительного проектирования СНиП.

Вопросы для самопроверки

1. В чём суть потери устойчивости сжатым стержнем? 2. Какая сила называется критической? 3. По какой формуле находят критическую силу? 4. Как изменится критическая сила при увеличении длины стойки в два раза? 5. Пределы применимости формулы Эйлера? 6. Что называется гибкостью стержня? 7. С помощью какого коэффициента учитывается влияние способа закрепления концов стержня? 8. Как найти критическое напряжение для стержней малой и средней гибкости? 9. Как с помощью коэффициента φ проверяют стержни на устойчивость? 10. Как подбирают сечение стержня?

Тема 14. Динамическое действие нагрузок [2, гл. 6].

Динамические нагрузки. Особенности поведения материалов при динамическом воздействии. Расчет на прочность и жесткость при динамических нагрузках. Учет сил инерции. Поступательное и вращательное движение. Динамический коэффициент. Ударная нагрузка. Расчет на удар. Продольный и поперечный удары. Внезапное приложение нагрузки. Коэффициенты динамичности. Свободные и вынужденные колебания упругих систем с одной степенью свободы. Период и частота колебаний. Динамический коэффициент. Явление резонанса. «Отстройка» от резонанса.

Вопросы для самопроверки

1. Как вычисляются напряжения в деталях при равноускоренном поступательном движении? 2. Что называется динамическим коэффициентом? 3. Как определяется динамический коэффициент при ударе? 4. Как изменится напряжение при продольном ударе в случае увеличения площади поперечного сечения в два раза? 5. Зависит ли напряжение при изгибающем ударе от материала балки? 6. Какие колебания называют свободными, а какие вынужденными? 7. Какие колебания называют механическими? 8. Как вычисляют напряжения при колебаниях? Какое явление называется резонансом? 9. В чём заключается «отстройка» от резонанса?

Тема 15. Расчет при переменных напряжениях [2, гл. 7].

Прочность при циклических напряжениях. Усталостное разрушение элементов конструкций и деталей машин. Природа усталостных повреждений. Характер усталостного излома. Кривая усталости, предел выносливости. Расчет на усталостную прочность по диаграммам предельных амплитуд. Факторы, влияющие на усталостную прочность (концентрация напряжений, масштабный фактор, асимметрия поверхности, качество поверхности). Схематизация диаграмм предельных амплитуд. Расчет на усталость при одноосном напряженном состоянии. Определение коэффициента запаса усталостной прочности. Понятие о малоцикловой усталости.

Вопросы для самопроверки

1. Что называется пределом выносливости материала? 2. как предел выносливости связан с пределом прочности? 3. как строится кривая усталостной прочности? 4. Что называется коэффициентом асимметрии цикла? 5. Какие факторы влияют на усталостную прочность материала? 6. Какие мероприятия проводятся для повышения сопротивления усталости проектируемых деталей? 7. Какой режим работы называется малоцикловым нагружением? 8. В каких случаях материал называют циклически стабильным, циклически разупрочняющимся, циклически упрочняющимся?

Вопросы к экзамену по сопротивлению материалов (полный курс)

Раздел I

1. Содержание и задачи курса «Сопротивление материалов». Реальный объект и расчетная схема. Основные допущения о свойствах материалов, гипотезы. Типовые схемы конструкций. Схематизация и классификация внешних нагрузок в зависимости от характера их приложения.
2. Внутренние силы и их природа. Метод сечений и порядок действий (показать на рисунке). Шесть внутренних усилий и их аналитические выражения. Виды сопротивлений (нагружений) бруса и их геометрическое представление.
3. Эпюры внутренних усилий и порядок их построения. Привести примеры построения эпюр внутренних усилий: N , M_z , M_x , Q_y в

прямолинейном и плоском ломаном брусе (с нагрузками распределенными и сосредоточенными).

4. Выводы дифференциальных зависимостей между q и N ; между M_z и t ; между Q_y и M_x и их применение для проверки правильности построения эпюр (показать на примерах).

5. Понятие о напряжении. Полное напряжение в точке данной площадки и его составляющие (рисунок). Напряжённое состояние в точке. Вывод интегральных зависимостей между внутренними усилиями и напряжениями.

6. Понятие о деформации и перемещении. Классификация видов деформаций (рисунок): абсолютные и относительные, линейные и угловые, простые и сложные, упругие и пластические. Компоненты линейной и угловой деформации в точке. Понятие о деформированном состоянии в точке.

7. Растяжение и сжатие. Определение и примеры из инженерной практики. Вывод формулы нормальных напряжений в поперечных сечениях стержня и её анализ (рисунок): рассмотреть три стороны задачи. Гипотеза Я.Бернулли. Принцип Сен-Венана. Напряжения при наличии ослаблений. Концентрация напряжений.

8. Напряжения нормальные σ и касательные τ в наклонных сечениях стержня при растяжении и сжатии. Вывод формул и их анализ (рисунки). Наибольшие касательные напряжения. Закон парности касательных напряжений. Напряжённое состояние в точке.

9. Закон Гука при растяжении и сжатии. Пределы его применимости и графическое представление. Модуль упругости материала; его численная величина, физический и геометрический смысл; способы его определения. Формула для абсолютной продольной деформации. Жесткость стержня. Перемещения. Условие жесткости.

10. Абсолютная и относительная поперечная деформация при растяжении и сжатии (рисунок). Коэффициент Пуассона, его физический смысл, численное значение и способы определения. Потенциальная энергия упругой деформации. Вывод формулы. Удельная потенциальная энергия. Понятие об энергоёмкости материала.

11. Диаграмма растяжения низкоуглеродистой стали в координатах $F-\Delta \ell$. Участки диаграммы. Характеристики прочности: формулы и определения. Характер разрушения образца. Явление наклёпа. Характеристики пластичности материала. Понятие пластичности и хрупкости; классификация материалов. Диаграмма сжатия стали.

12. Диаграммы растяжения и сжатия чугуна. Характер разрушения образцов (рисунки). Характеристики прочности, их сопоставление и выводы. Диаграммы сжатия древесины вдоль и поперёк волокон. Характер деформирования и разрушения (рисунок). Характеристики прочности. Влияние различных факторов на механические характеристики материалов.

13. Понятие о прочности и разрушении конструкции. Опасные (предельные) напряжения. Идея условия прочности. Расчёт по допускаемым напряжениям. Коэффициент запаса прочности и факторы, от которых он зависит. Условие прочности при растяжении. Три типа задач на прочность. Область применения этого метода при проектировании. Пример расчёта.

14. Метод расчёта по предельным состояниям. Понятие и критерий предельного состояния конструкции (сооружения). СНИП. Две группы предельных состояний и расчёты на прочность и жёсткость. Нормативная и расчётная нагрузка. Нормативное и расчетное сопротивление материала. Коэффициенты, учитывающие отклонения различных факторов от нормативных значений. Условие прочности (идея). Условие прочности при растяжении и сжатии. Область применения этого метода при проектировании. Пример расчета.

15. Геометрические характеристики плоских сечений: площадь; статические, осевые, полярные и центробежные моменты инерции; центр тяжести. Интегральные формулы (рисунок), формулировки, единицы измерения, возможные значения. Вывод формул моментов инерции прямоугольника, круга и кольца.

16. Осевые и центробежные моменты инерции относительно параллельных осей: вывод формул перехода от произвольных и центральных осей (рисунок). Пример использования этих формул для прямоугольного сечения.

17. Главные центральные оси плоской фигуры и определение их положения. Главные центральные моменты инерции и формулы для их вычисления. Общий порядок действий показать на примере. Плоскость

наибольшей жесткости и её использование при расчетах на изгиб. Частные случаи.

18. Прямой чистый изгиб. Картина деформирования балки и основные допущения. Вывод формулы нормальных напряжений при изгибе (три стороны задачи). Закон Гука при изгибе. Анализ формулы напряжений. Эпюра распределения нормальных напряжений по высоте сечения. Осевой момент сопротивления.

19. Расчёты на прочность при чистом изгибе балок. Условия прочности по предельным состояниям. Три вида расчёта. Рациональные сечения балок и рациональное расположение сечений под нагрузкой (рисунки). Проектирование поперечных сечений балок из различных материалов. Условия прочности.

20. Поперечный изгиб и его отличие от чистого изгиба (рисунки). Вывод формулы касательных напряжений (формула Журавского). Принятые гипотезы. Анализ формулы для прямоугольного сечения и эпюра распределения касательных напряжений по высоте сечения. Расчеты на прочность при поперечном изгибе. Условия прочности.

21. Перемещение при изгибе (линейные и угловые). Точное и приближенное дифференциальное уравнение упругой линии балки. Определение перемещений методом непосредственного интегрирования. Постоянные интегрирования и их физический смысл. Пример. Расчет балок на жесткость.

22. Метод начальных параметров. Условия уравнивания произвольных постоянных. Вывод универсальных уравнений перемещений при изгибе. Определение начальных параметров. Порядок расчета по методу начальных параметров. Пример. Условие жесткости.

23. Чистый сдвиг. Анализ напряженного состояния. Закон Гука при чистом сдвиге. Понятия о срезе и смятии; условия прочности. Расчет заклепочного соединения на прочность. Пример.

24. Кручение бруса круглого сечения. Основные понятия и гипотезы. Вывод формулы касательных напряжения (три стороны задачи). Анализ формулы. Эпюра касательных напряжений и закон парности. Полярный момент сопротивления. Расчеты на прочность. Рациональное сечение вала.

25. Определение углов закручивания (абсолютного и относительного). Условие жесткости. Расчеты на жесткость. Проектирование валов. Анализ напряженного состояния и разрушения образцов из различных материалов при кручении (рисунки).

26. Теория напряженного состояния в точке. Объект исследования. Полное напряжение в точке на площадке. Тензор напряжений. Главные площадки и главные напряжения. Виды напряженных состояний. Плоское напряженное состояние. Круг Мора. Решение прямой задачи с помощью круга Мора: по известным главным напряжениям найти напряжение на наклонных площадках (графически и аналитически). Частные случаи.

27. Плоское напряженное состояние. Решение обратной задачи с помощью круга Мора: по известным напряжениям, действующим на двух взаимно перпендикулярных площадках, найти главные напряжения и главные площадки (графически и аналитически). Частные случаи.

28. Обобщенный закон Гука. Вывод формул. Частные случаи. Закон Гука для произвольной площадки.

Раздел II

1. Сложное сопротивление бруса. Понятие, виды сложного сопротивления, принцип расчета. Косой изгиб: плоский и пространственный (рисунок). Примеры из инженерной практики. Вывод формулы нормальных напряжений. Приведенный изгибающий момент. Нейтральная линия и её положение. Нахождение опасного сечения и опасных точек в нём. Условия прочности.

2. Косой изгиб. Вывод формулы, определяющей положение нейтральной линии. Анализ формулы. Порядок расчета на прочность при плоском и пространственном изгибе (для сечений простой и произвольной формы; для пластичных и хрупких материалов). Проектный расчет для простых сечений показать на примере.

3. Косой изгиб. Примеры из инженерной практики. Принцип расчетов при косом изгибе. Вычисление полного прогиба (рисунок); его направление и положение (относительно силовой и нейтральной линии, плоскости наибольшей жесткости). Рациональные сечения. Опасность косоугольного изгиба.

4. Внецентренное сжатие и растяжение бруса. Понятие, примеры, допущения; разложение на простые виды нагружений. Вывод формулы нормальных напряжений. Условия прочности и порядок расчета на прочность с учетом материала бруса.

5. Внецентренное сжатие и растяжение бруса. Вывод уравнения нейтральной линии и его анализ. Опасные точки в сечении. Условия прочности для опасных точек. Ядро сечения и его построение (рисунок).
6. Изгиб с кручением. Понятие, примеры. Порядок расчета вала круглого сечения. Определение опасного сечения вала и опасной точки в сечении. Вид напряженного состояния в опасной точке. Расчеты на прочность по различным теориям.
8. Формула Мора для вычисления перемещений (при изгибе и растяжении). Грузовое и единичное состояние системы (рисунок). Порядок вычисления линейных и угловых перемещений по формуле Мора. Показать на примере.
9. Способ Верещагина и вычисление перемещений по формуле Верещагина. Порядок расчета показать на примере. Рациональные приемы перемножения сложных эпюр (прямолинейные и параболические трапеции). Формула Симпсона.
10. Классификация стержневых систем по кинематическим и статическим свойствам (рисунки). Связи необходимые и лишние. Статически неопределимые системы внешним и внутренним образом. Степень неопределимости. Сущность метода сил и порядок расчета.
11. Метод сил (на примере). Основная и эквивалентная системы. Канонические уравнения и коэффициенты; их физический смысл и способы определения. Построение окончательных эпюр и их проверка (статическая и деформационная).
12. Статически неопределимые системы. Варианты выбора основной системы (удаление связи, использование симметрии, постановка шарнира). Показать на примерах и проанализировать, сделать выводы.
13. Устойчивость сжатых стержней. Понятие устойчивости и потери устойчивости. Критическая сила. Продольный изгиб. Условие устойчивости и коэффициент запаса устойчивости. Вывод формулы Эйлера. Влияние способа закрепления стержня на величину критической силы (рисунок). Гибкость стержня. Пределы применимости формулы Эйлера.
14. Критическое напряжение. Предельная гибкость. Расчеты стержней большой гибкости. Продольный изгиб за пределом пропорциональности. Формула Ясинского. Условие её применимости. Диаграмма критических напряжений.
15. Практический расчет сжатых стержней на устойчивость по коэффициенту φ . Три типа задач. Показать на примере. Принципы рационального проектирования сжатых стержней. Виды рациональных сечений (рисунок).
16. Статические и динамические нагрузки. Классификация. Принцип Даламбера. Сила инерции. Идея динамического расчета. Условие прочности.

Учет осевой и поперечной инерционной нагрузки (рисунки). Динамический коэффициент. Его физический смысл.

17. Ударное действие нагрузки. Понятие и примеры. Приближенная теория удара. Вывод формулы динамического коэффициента при ударе. Анализ формулы. Вычисление напряжений и перемещений при ударе. Показать на примере. Пути снижения динамического коэффициента.

18. Механические колебания. Понятия и примеры. Классификация. Собственные и вынужденные колебания и их характеристики: частота, период, амплитуда (рисунки).

19. Вынужденные колебания. Возмущающая сила и её природа (объяснить на примере). Частота вынужденных колебаний. Вывод дифференциального уравнения (рисунок). Амплитуда, коэффициент нарастания колебаний вынужденных колебаний.

20. График изменения коэффициента нарастания колебаний. Дать пояснения к изменениям его величины. Явление и условие резонанса. Проектирование балки из условия «отстройки» от резонанса. Показать на примере.

21. Механические колебания. Вынужденные колебания. Определение перемещений и напряжений. Вывод формулы динамического коэффициента. Показать график изменения динамических напряжений.

22. Повторно-переменные нагрузки. Понятие и примеры. Картина усталостного разрушения и причина. Понятия усталости и выносливости материала. Виды циклов напряжений и параметры циклов (на примере вагонной оси).

23. Понятия усталости и выносливости материала. Кривые усталости. Предел выносливости. Построение диаграммы предельных амплитуд и её применение для оценки прочности детали. Предельный цикл. Схематизированные диаграммы.

24. Понятия усталости и выносливости материала. Факторы, влияющие на усталостную прочность материала: концентрация напряжений (коэффициенты), масштабный фактор, качество поверхности детали, внешняя среда. Общий коэффициент предела выносливости, предел выносливости детали и условие прочности. Способы повышения усталостной прочности детали.

Экзаменационный билет содержит 4 пункта, охватывающие четыре темы: 1 и 2 - на решение задач I и II разделов, 3 и 4 – теоретические вопросы из I и II разделов. Пример компоновки задач и вопросов в экзаменационном билете показан ниже.

Министерство образования и науки РФ	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № ____ 6 ____
ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет»	по дисциплине « <u>Сопротивление материалов</u> » (<u>полный курс</u>) институт <u>Инженерно-строительный</u> курс <u>2</u>

1. **Задача** (тема: построение эпюр в балке).

2. **Задача** (тема: ударное действие нагрузки).

3. **Вопрос.** Упругие постоянные материала E и ν . Названия, физический и геометрический смысл, размерность, числовые значения. Способы их определения.

4. **Вопрос.** Внецентренное сжатие и растяжение бруса (рисунок). Понятие, примеры, допущения; разложение на простые виды нагружений. Вывод формулы нормальных напряжений. Условия прочности и порядок расчета на прочность с учетом материала бруса.

Составил _____ /Мартынова Т.П./

Утверждаю:

Зав.кафедрой _____ /Серватинский В.В./

"10" января 2014 г.

