

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬ-
НОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Сопротивление материалов

Направление подготовки (специальность) 35.03.06 «Агроинженерия»

Профиль образовательной программы Технический сервис в АПК

Форма обучения очная

СОДЕРЖАНИЕ

1. Конспект лекций	4
1.1 Лекция № 1 Введение. Основные понятия и определения.....	4
1.2 Лекция № 2 Простая деформация бруса. Осевое растяжение (сжатие).....	4
1.3 Лекция № 3 Срез (сдвиг).....	5
1.4 Лекция № 4 Напряженное и деформированное состояние.	5
1.5 Лекция № 5 Обобщенный закона Гука. Теории прочности.....	6
1.6 Лекция № 6 Геометрические характеристики плоских сечений.....	7
1.7 Лекция № 7 Простая деформация бруса. Кручение.....	7
1.8 Лекция № 8 Прямой изгиб.....	8
1.9 Лекция № 9 Метод начальных параметров.	9
1.10 Лекция № 10 Энергетические методы определения перемещений.....	9
1.11 Лекция № 11 Статически неопределимые системы.....	9
1.12 Лекция № 12 Косой изгиб.	10
1.13 Лекция № 13 Совместное действие изгиба и осевого растяжения (сжатия)....	11
1.14 Лекция № 14 Совместное действие изгиба и кручения.....	11
1.15 Лекция № 15 Продольный изгиб	12
1.16 Лекция № 16 Динамические нагрузки.....	12
1.17 Лекция № 17 Собственные и вынужденные колебания.....	13
1.18 Лекция № 18 Повторно-переменные нагрузки	13
2. Методические материалы по выполнению лабораторных работ.....	14
2.1 Лабораторная работа № ЛР-1 Испытание образца из малоуглеродистой стали на растяжение.....	14
2.2 Лабораторная работа № ЛР-2 Построение эпюр ВСФ.....	15
2.3 Лабораторная работа № ЛР-3 Осевое растяжение и сжатие.....	15
2.4 Лабораторная работа № ЛР-4 Определение модуля нормальной упругости стали.....	15
2.5 Лабораторная работа № ЛР-5 Испытание образцов из различных материалов на сжатие.....	16
2.6 Лабораторная работа № ЛР-6 Анализ напряженного и деформированного состояния.....	16
2.7 Лабораторная работа № ЛР-7 Моменты инерции плоских сечений.....	16
2.8 Лабораторная работа № ЛР-8 Определение модуля сдвига для стали	17
2.9 Лабораторная работа № ЛР-9 Кручение. Подбор сечений из условия прочности.....	17
2.10 Лабораторная работа № ЛР-10 Кручение. Подбор сечений из условия жесткости.....	18
2.11 Лабораторная работа № ЛР-11 Изгиб. Подбор сечений.....	18
2.12 Лабораторная работа № ЛР-12 Определение перемещений в балке на двух опорах.....	18
2.13 Лабораторная работа № ЛР-13 Полная проверка прочности балки при изгибе.....	19
2.14 Лабораторная работа № ЛР-14 Определение перемещений методом начальных параметров.....	19
2.15 Лабораторная работа № ЛР-15 Определение перемещений в балке при косом изгибе.....	19
2.16 Лабораторная работа № ЛР-16 Внецентренное растяжение стального образца. Определение напряжений.....	20
2.17 Лабораторная работа № ЛР-17 Определение напряжений при совместном действии изгиба и кручения.....	20
2.18 Лабораторная работа № ЛР-18 Исследование потери устойчивости центрально-сжатого стержня.....	21

2.19 Лабораторная работа № ЛР-19 Определение ударной вязкости материала..	21
2.20 Лабораторная работа № ЛР-20 Снятие кривой усталости для симметричного цикла (обзорное занятие).....	22
3. Методические материалы по проведению практических занятий.....	22
3.1 Практическое занятие № ПЗ-1 Интеграл Максвелла-Мора. Формула Верещагина. Определение перемещений.....	22
3.2 Практическое занятие № ПЗ-2 Статически неопределимые системы при осевом растяжении и сжатии.....	22
3.3 Практическое занятие № ПЗ-3 Статически неопределимые системы при изгибе.....	23
3.4 Практическое занятие № ПЗ-4 Определение напряжений в балке при косом изгибе. Подбор сечений.....	23
3.5 Практическое занятие № ПЗ-5 Определение напряжений при внецентренное растяжении. Подбор сечений.....	23
3.6 Практическое занятие № ПЗ-6 Совместное действие изгиба и кручения. Определение диаметра вала при совместном действии изгиба и кручения.....	24
3.7 Практическое занятие № ПЗ-7 Подбор сечений при продольном изгибе.....	24
3.8 Практическое занятие № ПЗ-8 Подбор сечений в элементах конструкций при динамическом действии нагрузки	25
3.9 Практическое занятие № ПЗ-9 Машины для испытания образцов на усталостную прочность (обзорное занятие).....	25

1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

1. 1 Лекция № 1 (2 часа).

Тема: «Введение. Основные понятия и определения».

1.1.1 Вопросы лекции:

1. Предмет курса «Сопротивление материалов», его значение для современной техники. История и перспективы развития. Прочность, жесткость и устойчивость как составные части механической надежности элементов конструкций.
2. Значение дисциплин в повышении эффективности и качества конструкции машин, снижения их материалоемкости. Связь курса с общенаучными, общеинженерными и специальными дисциплинами.
3. Сопротивление материалов как раздел механики деформируемого тела. Стержни, пластины, оболочки.
4. Основные гипотезы сопротивления материалов о деформируемом теле. Упругость и пластичность. Внешние силы, их классификация. Метод сечений. Внутренние силы. Понятие о ВСФ. Общие понятия о напряжениях и деформациях. Конструктивная и расчетная схема.

1.1.2 Краткое содержание вопросов

1. Предмет курса «Сопротивление материалов», его значение для современной техники. История и перспективы развития. Прочность, жесткость и устойчивость как составные части механической надежности элементов конструкций.
Даны основные цели и задачи курса сопротивления материалов, рассмотрены понятия прочности, жесткости и устойчивости.
2. Значение дисциплин в повышении эффективности и качества конструкции машин, снижения их материалоемкости. Связь курса с общенаучными, общеинженерными и специальными дисциплинами.
Показаны место и роль курса сопротивления материалов среди инженерных и общенаучных и специальных дисциплин.
3. Сопротивление материалов как раздел механики деформируемого тела. Стержни, пластины, оболочки.
Даны понятия об основных объектах, которые рассматриваются при расчетах на прочность, жесткость и устойчивость.
4. Основные гипотезы сопротивления материалов о деформируемом теле. Упругость и пластичность. Внешние силы, их классификация. Метод сечений. Внутренние силы. Понятие о ВСФ. Общие понятия о напряжениях и деформациях. Конструктивная и расчетная схема.
В данном вопросе рассмотрены основные допущения (упрощения) при расчетах на прочность, жесткость и устойчивость элементов конструкций. Подробно разобран метод сечений для определения внутренних силовых факторов, даны общие понятия о напряжениях и деформациях, конструктивной и расчетной схемах.

1. 2 Лекция № 2 (2 часа).

Тема: «Простая деформация бруса. Осевое растяжение (сжатие)».

1.2.1 Вопросы лекции:

1. Общие понятия.
2. Напряжения в поперечных сечениях стержня. Максимальные напряжения. Продольные и поперечные деформации, коэффициент Пуассона.
3. Закон Гука. Модуль упругости. Определение осевых перемещений сечений.
4. Потенциальная энергия упругой деформации.

1.2.2 Краткое содержание вопросов

1. Общие понятия.

Дано понятие простой деформации (простого сопротивления) бруса, определение осевого растяжения (сжатия) и рассмотрены элементы конструкций, испытывающие данный вид нагружения.

2. Напряжения в поперечных сечениях стержня. Максимальные напряжения. Продольные и поперечные деформации, коэффициент Пуассона.

Показана важность определения нормальных напряжений в поперечном сечении стержня. Дано понятие продольной и поперечной деформациям. Показана связь между ними через коэффициент Пуассона.

3. Закон Гука. Модуль упругости. Определение осевых перемещений сечений.

Дано описание закона Гука в абсолютной и относительной формах. Показана роль закона Гука в инженерных расчетах и пределы его применения.

4. Потенциальная энергия упругой деформации.

Дан вывод формулы для определения потенциальной энергии упругой деформации при осевом растяжении (сжатии), а также показано как можно определять ее величину по диаграмме растяжения.

1.3 Лекция № 3 (2 часа).

Тема: «Срез (сдвиг)».

1.3.1 Вопросы лекции:

1. Общие понятия.
2. Вывод закона Гука при чистом сдвиге.
3. Проверка прочности при чистом сдвиге.

1.3.2 Краткое содержание вопросов

1. Общие понятия.

Дано понятие сдвига (среза). Отмечены элементы конструкций, которые испытывают срез или сдвиг.

2. Вывод закона Гука при чистом сдвиге.

Представлен полный вывод закона Гука при сдвиге или срезе в относительной форме. Введено понятие модуля сдвига. Получен закон Гука при срезе (сдвиге) в абсолютной форме.

3. Проверка прочности при чистом сдвиге.

Исходя из условия прочности при сдвиге или срезе, приведены примеры расчета сварного шва, заклепок, деревянных врубок.

1.4 Лекция № 4 (2 часа).

Тема: «Напряженное и деформированное состояние».

1.4.1 Вопросы лекции:

1. Аналитическое исследование линейного напряженного состояния (определение напряжений, действующих на наклонных площадках при осевом растяжении (сжатии)).

2. Понятия о главных площадках и главных напряжениях. Виды напряженного состояния.

3. Аналитическое исследование плоского напряженного состояния.

4. Свойства напряжений, действующим по двум взаимно перпендикулярным площадкам. Закон парности касательных напряжений.

5. Определение величины и направления главных напряжений по заданным нормальным и касательным напряжениям, действующим по двум взаимно перпендикулярным площадкам (обратная задача).

1.4.2 Краткое содержание вопросов

1. Аналитическое исследование линейного напряженного состояния (определение напряжений, действующих на наклонных площадках при осевом растяжении (сжатии)).

Получены формулы для определения нормальных и касательных напряжений на наклонных площадках стержня при осевом растяжении или сжатии. Проведен анализ полученных зависимостей с целью выявления сечений, в которых действуют максимальные напряжения.

2. Понятия о главных площадках и главных напряжениях. Виды напряженного состояния.

Введено понятие о главных площадках и главных напряжениях дано их определение. Рассмотрены виды напряженного состояния: линейное, плоское и объемное.

3. Аналитическое исследование плоского напряженного состояния.

Дано определение нормальных и касательных напряжений на наклонных площадках при плоском напряженном состоянии, проведен анализ полученных зависимостей.

4. Свойства напряжений, действующим по двум взаимно перпендикулярным площадкам. Закон парности касательных напряжений.

Даны зависимости между нормальными и касательными напряжениями, которые действуют на двух взаимно перпендикулярных площадках.

Оказалось, что сумма нормальных напряжений на этих площадках равна сумме главных напряжений, а касательные напряжения равны по величине и противоположны по знаку.

5. Определение величины и направления главных напряжений по заданным нормальным и касательным напряжениям, действующим по двум взаимно перпендикулярным площадкам (обратная задача).

Очень часто инженеру-исследователю необходимо уметь определять величину и направление главных напряжений по известным нормальным и касательным. Получены зависимости для определения величины и направления главных напряжений.

1. 5 Лекция № 5 (2 часа).

Тема: «Обобщенный закона Гука. Теории прочности».

1.5.1 Вопросы лекции:

1. Вывод обобщенного закона Гука.
2. Изменение объема при деформации.
3. Удельная потенциальная энергия при сложном напряженном состоянии.
4. Необходимость создания и назначения теории прочности.
5. Проверка прочности по различным теориям.

1.5.2 Краткое содержание вопросов

1. Вывод обобщенного закона Гука.

Предложен вывод обобщенного закона Гука при объемном напряженном состоянии. Получен обобщенный закона Гука при плоском напряженном состоянии.

2. Изменение объема при деформации.

Элемент конструкции, испытывающий внешнюю нагрузку, может менять свой объем при деформации. Получены зависимости, позволяющие определять относительное изменение объема для любого материала, и доказано, что коэффициент Пуассона меняется от 0 до 0,5.

3. Удельная потенциальная энергия при сложном напряженном состоянии.

При деформации любого тела затрачивается энергия. Причем одна ее часть идет на изменение формы, другая на изменение объема. Если коэффициент Пуассона равен 0,5, то вся энергия идет на изменение формы без изменения объема. Получены зависимости, описывающие эти процессы.

4. Необходимость создания и назначения теории прочности.

Показана необходимость создания теорий прочности и их назначение: замена сложного напряженного состояния эквивалентным ему линейным, легко проверив проч-

ность которого, можно судить прочности элемента, находящегося в сложном напряженном состоянии.

5. Проверка прочности по различным теориям.

Описана методика проверки прочности по наиболее распространенным теориям: теории наибольших нормальных напряжений, теории наибольших относительных деформаций, теории наибольших касательных напряжений, энергетической теории и теории прочности Мора.

1.6 Лекция № 6 (2 часа).

Тема: «Геометрические характеристики плоских сечений»

1.6.1 Вопросы лекции:

1. Общие сведения.
2. Моменты инерции простейших фигур.
3. Моменты инерции сложных фигур.
4. Изменение моментов инерции при параллельном переносе осей
5. Изменение моментов инерции при повороте осей.
6. Главные моменты инерции. Главные оси инерции.

1.6.2 Краткое содержание вопросов

1. Общие сведения.

Показана роль моментов инерции при рассмотрении таких видов нагружения бруса как кручение и изгиб.

2. Моменты инерции простейших фигур.

Рассмотрена методика определения моментов инерции для наиболее часто встречающихся форм поперечного сечения: круг, кольцо, прямоугольник, квадрат, треугольник. Моменты инерции для прокатных профилей указаны в таблицах сортамента.

3. Моменты инерции сложных фигур.

Моменты инерции сложных фигур определяют как сумму моментов инерции простых фигур, составляющих сложную.

4. Изменение моментов инерции при параллельном переносе осей.

Получены зависимости между моментами инерции относительно параллельных осей, одна из которых проходит через центр тяжести сечения.

5. Изменение моментов инерции при повороте осей.

Получены зависимости между моментами инерции относительно параллельных осей, которые повернуты относительно центральных на некоторый угол.

6. Главные моменты инерции. Главные оси инерции.

Получено значение угла, на который необходимо повернуть центральные оси инерции, чтобы они стали главными центральными осями. Эти оси дают направление наибольшей и наименьшей жесткости конструкции.

1.7 Лекция № 7 (2 часа).

Тема: «Простая деформация бруса. Кручение».

1.7.1 Вопросы лекции:

1. Общие понятия.
2. Определение напряжений в стержнях круглого поперечного сечения.
3. Наибольшие касательные напряжения при кручении. Условие прочности.
4. Определение углов закручивания при кручении. Условие жесткости вала при кручении.
5. Расчет цилиндрических винтовых пружин.

1.7.2 Краткое содержание вопросов

1. Общие понятия.

Дано определение такого вида нагружения бруса как кручение. Показаны элементы конструкций, работающих на кручение.

2. Определение напряжений в стержнях круглого поперечного сечения.

Предложен вывод формулы для определения касательных напряжений при кручении и закон их распределения по высоте поперечного сечения.

3. Наибольшие касательные напряжения при кручении. Условие прочности.

Согласно закону распределения напряжений по высоте сечения их максимальное значение будет на поверхности вала. Это значение не должно превышать напряжения допускаемого.

4. Определение углов закручивания при кручении. Условие жесткости вала при кручении.

При кручении соседние сечения вала поворачиваются друг относительно друга на некоторый угол, который называют углом закручивания.

Этот угол не должен превышать допускаемый угол закручивания. В этом заключается условие жесткости при кручении.

5. Расчет цилиндрических винтовых пружин.

Показана роль винтовых пружин в современной технике. Предложена методика расчета винтовых пружин растяжения и сжатия.

1.8 Лекция № 8 (2 часа).

Тема: «Прямой изгиб».

1.8.1 Вопросы лекции:

1. Общие понятия.

2. Экспериментальное изучение прямого изгиба.

3. Определение напряжений при изгибе. Максимальные напряжения. Условие прочности.

4. Вывод формулы для определения касательных напряжений при поперечном изгибе.

5. Анализ напряженного состояния при поперечном изгибе. Проверка прочности по главным напряжениям.

6. Понятие о центре изгиба.

1.8.2 Краткое содержание вопросов

1. Общие понятия.

Дано определение прямого изгиба и его разновидностей: чистого и поперечного.

2. Экспериментальное изучение прямого изгиба.

Рассмотрен брус, испытывающий прямой изгиб. Дано понятие нейтрального слоя, нейтральной оси, силовой плоскости.

3. Определение напряжений при изгибе. Максимальные напряжения. Условие прочности.

Выведена формула для определения нормальных напряжений при изгибе. Получен закон их распределения по высоте сечения. Показаны точки сечения, где нормальные напряжения достигают максимального значения.

Составлено условие прочности, используя которое можно вести подбор размеров поперечных сечений балок.

4. Вывод формулы для определения касательных напряжений при поперечном изгибе.

Получена формула Журавского для определения касательных напряжений при поперечном изгибе, дан ее анализ, получен закон распределения напряжений по высоте прямоугольного сечения, круглого, прокатного профиля.

5. Анализ напряженного состояния при поперечном изгибе. Проверка прочности по главным напряжениям.

Дан анализ напряженного состояния при поперечном изгибе, определены точки сечения, в которых возникают максимальные нормальные и касательные напря-

жения. Дана методика проведения полной проверки прочности балки при поперечном прямом изгибе.

6. Понятие о центре изгиба.

Дано понятие центра изгиба, положение центра изгиба различных профилей: углового, таврового.

1.9 Лекция № 9 (2 часа).

Тема: «Метод начальных параметров».

1.9.1 Вопросы лекции:

1. Общие понятия.
2. Вывод дифференциального уравнения изогнутой оси балки.
3. Интегрирование дифференциального уравнения изогнутой оси балки методом начальных параметров (вывод обобщенного уравнения изогнутой оси балки).
4. Геометрический смысл постоянных интегрирования.

1.9.2 Краткое содержание вопросов

1. Общие понятия.

Показана необходимость определения угловых и линейных перемещений в инженерных расчетах на жесткость элементов конструкций.

2. Вывод дифференциального уравнения изогнутой оси балки.

Получено дифференциальное уравнение изогнутой оси балки и показана связь между прогибом и углом поворота сечения балки.

3. Интегрирование дифференциального уравнения изогнутой оси балки методом начальных параметров (вывод обобщенного уравнения изогнутой оси балки).

Проведено интегрирование дифференциального уравнения изогнутой оси балки. Получено обобщенное уравнение изогнутой оси балки. Рассмотрены уравнения прогибов и углов поворота сечений балки.

4. Геометрический смысл постоянных интегрирования.

Доказано, что начальные параметры это прогиб и угол поворота сечения в начале геометрической системы координат.

1.10 Лекция № 10 (2 часа).

Тема: «Энергетические методы определения перемещений».

1.10.1 Вопросы лекции:

1. Общие понятия.
2. Вывод интеграла Максвелла-Мора.
3. Формула Верещагина.

1.10.2 Краткое содержание вопросов

1. Общие понятия.

Даны общие принципы определения перемещений энергетическими методами, которые основаны на законе сохранения энергии.

2. Вывод интеграла Максвелла-Мора.

Дан вывод интеграла Максвелла-Мора. Получена формула для определения прогибов и углов поворота сечения. Рассмотрен пример.

3. Формула Верещагина.

Получена формула Верещагина для определения прогибов и углов поворота сечения. Рассмотрен пример.

1.11 Лекция № 11 (2 часа).

Тема: «Статически неопределимые системы».

1.11.1 Вопросы лекции:

1. Общие понятия.
2. Статически неопределимые системы при осевом растяжении (сжатии).

3. Влияние неточности изготовления на усилия в элементах статически неопределимых конструкций.

4. Расчет статически неопределимых балок методом сил

1.11.2 Краткое содержание вопросов

1. Общие понятия.

Дано понятие о статически неопределимых системах, степени статической неопределимости.

2. Статически неопределимые системы при осевом растяжении (сжатии).

Дан способ раскрытия статически неопределимых стержневых систем, который заключается в рассмотрении картины перемещения системы и использовании закона Гука при осевом растяжении или сжатии

3. Влияние неточности изготовления на усилия в элементах статически неопределимых конструкций.

Показано влияние неточности изготовления отдельных элементов стержневых систем на прочность конструкции. Рассмотрен пример с тремя параллельными стержнями, один из которых, средний, короче крайних стержней. После сборки конструкции в ее элементах, даже без внешней нагрузки возникают внутренние силы.

4. Расчет статически неопределимых балок методом сил.

Дана методика раскрытия статической неопределимости балок на конкретном примере (один конец балки зашпечлен другой опирается на шарнирно подвижную опору, балка по всей длине загружена равномерно распределенной нагрузкой). Получено каноническое уравнение метода сил.

1.12 Лекция № 12 (2 часа).

Тема: «Косой изгиб».

1.12.1 Вопросы лекции:

1. Общие понятия.

2. Определение напряжений при косом изгибе.

3. Уравнение нейтральной оси. Положение нейтральной оси.

4. Условие прочности.

5. Определение перемещений при косом изгибе.

6. Подбор сечения при косом изгибе: а) для прокатных профилей; б) для прямоугольного сечения.

1.12.2 Краткое содержание вопросов

1. Общие понятия.

Дано общее определение косого изгиба, также его разновидностей: чистого косого и поперечного косого изгибов.

2. Определение напряжений при косом изгибе.

Косой изгиб можно представить как сумму двух простых деформаций и, следовательно, напряжение можно определить, просуммировав напряжения от изгибающих моментов в двух плоскостях.

3. Уравнение нейтральной оси. Положение нейтральной оси.

Получено уравнение нейтральной оси, дан анализ этому уравнению. Показано как определяется положение нейтральной оси.

4. Условие прочности.

Максимальные напряжения возникают в точках наиболее удаленных от нейтральной оси. Определив напряжения в этих точках и сравнив их с допускаемыми, мы получаем условие прочности.

5. Определение перемещений при косом изгибе.

Полное перемещение при косом изгибе определяется как геометрическая сумма перемещений в двух плоскостях. Доказано, что линия полного прогиба проходит перпендикулярно нейтральной оси.

6. Подбор сечения при косом изгибе: а) для прокатных профилей; б) для прямоугольного сечения.

Дан порядок подбора размеров поперечного сечения для прокатного профиля (швеллер, двутавр) и для прямоугольного сечения балки консольной и на двух опорах.

1.13 Лекция № 13 (2 часа).

Тема: «Совместное действие изгиба и осевого растяжения (сжатия).

1.13.1 Вопросы лекции:

1. Общие понятия.
2. Определение напряжений.
3. Положение нейтральной оси.
4. Максимальное напряжение. Условие прочности.
5. Внецентренное растяжение (сжатие). Общие понятия.
6. Определение напряжений.
7. Уравнение нейтральной оси. Положение нейтральной оси.
8. Условие прочности.

1.13.2 Краткое содержание вопросов

1. Общие понятия.

Дано определение совместному действию изгиба и осевого растяжения или сжатия и показаны элементы конструкций, которые испытывают данный вид нагружения.

2. Определение напряжений.

Данный вид нагружения можно рассматривать как сумму двух простых деформаций и, следовательно, напряжение можно определить, просуммировав напряжения от изгибающего момента и продольной силы.

3. Положение нейтральной оси.

Получено уравнение нейтральной оси, дан анализ этому уравнению. Показано как определяется положение нейтральной оси.

4. Максимальное напряжение. Условие прочности.

Максимальные напряжения возникают в точках наиболее удаленных от нейтральной оси. Определив напряжения в этих точках и сравнив их с допускаемыми, мы получаем условие прочности.

5. Внецентренное растяжение (сжатие). Общие понятия.

Дано определение внецентренного растяжения или сжатия и показаны элементы конструкций, которые испытывают данный вид нагружения.

6. Определение напряжений.

Данный вид нагружения можно рассматривать как сумму трех простых деформаций и, следовательно, напряжение можно определить, просуммировав напряжения от двух изгибающих моментов и продольной силы.

7. Уравнение нейтральной оси. Положение нейтральной оси.

Получено уравнение нейтральной оси, дан анализ этому уравнению. Показано как определяется положение нейтральной оси и какие отрезки она отсекает на главных осях инерции

8. Условие прочности.

Максимальные напряжения возникают в точках наиболее удаленных от нейтральной оси. Определив напряжения в этих точках и сравнив их с допускаемыми, мы получаем условие прочности.

1.14 Лекция № 14 (2 часа).

Тема: «Совместное действие изгиба и кручения».

1.14.1 Вопросы лекции:

1. Общие понятия.
2. Анализ напряженного состояния при совместном действии изгиба и кручения.

3. Проверка прочности.

1.14.2 Краткое содержание вопросов

1. Общие понятия.

Дано определение совместного действия изгиба и кручения, обозначены элементы конструкций, которые испытывают данный вид нагружения.

2. Анализ напряженного состояния при совместном действии изгиба и кручения.

Дан анализ напряженного состояния, которое возникает в различных точках поперечного сечения бруса: на оси, на поверхности, в произвольном месте.

3. Проверка прочности.

Из анализа напряженного состояния следует, что при совместном действии изгиба и кручения возникает плоское напряженное состояние и проверку прочности следует проводить по одной из теорий прочности: третьей или четвертой. Получены теоретические зависимости для определения расчетных моментов третьей и четвертой теории прочности, и для определения диаметров валов.

1.15 Лекция № 15 (2 часа).

Тема: «Продольный изгиб».

1.15.1 Вопросы лекции:

1. Общие понятия.

2. Вывод формулы Эйлера для определения критической силы.

3. Влияние способа закрепления концов стержней на критическую силу.

4. Формула Эйлера для критических напряжений.

5. Пределы применимости формулы Эйлера. Построение полного графика критических напряжений.

6. Практические формулы для расчета стержней на устойчивость.

1.15.2 Краткое содержание вопросов

1. Общие понятия.

Дано определение потери устойчивости и критической силы.

2. Вывод формулы Эйлера для определения критической силы.

Дан вывод формулы Эйлера для определения критической силы для стержня с двумя шарнирными опорами.

3. Влияние способа закрепления концов стержней на критическую силу.

Показано, как влияют способы закрепления концов стержня на величину критической силы.

4. Формула Эйлера для критических напряжений.

Получена формула Эйлера для определения критического напряжения.

5. Пределы применимости формулы Эйлера. Построение полного графика критических напряжений.

Доказано, что формула Эйлера для определения критической силы и критического напряжения применяется при гибкости стержня более 100 единиц, при гибкости от 40 до 100 единиц применяют формулу Ясинского и если рассматривать очень короткие стержни, имеющие гибкость менее 40 единиц, то критические напряжения принимают равными пределу текучести материала. Все эти зависимости представлены на полном графике критических напряжений, по одной из осей которого откладывают критическое напряжение, а по другой гибкость стержня.

6. Практические формулы для расчета стержней на устойчивость.

Приведена методика определения критической силы и критического напряжения методом последовательных приближений.

1.16 Лекция № 16 (2 часа).

Тема: «Динамические нагрузки».

1.16.1 Вопросы лекции:

- 1 Общие понятия.
2. Вычисление напряжений при равноускоренном движении.
3. Расчет вращающегося кольца.
4. Расчет шатуна автотракторного двигателя.
5. Определение напряжений при ударе.

1.16.2 Краткое содержание вопросов

- 1 Общие понятия.

Дано определение динамическим нагрузкам и принципы их включения в уравнения статики.

2. Вычисление напряжений при равноускоренном движении.

Дано вычисление динамической нагрузки и динамического напряжения при равноускоренном движении груза через статические величины и динамический коэффициент.

3. Расчет вращающегося кольца.

Определены динамические напряжения, которые возникают во вращающемся кольце (шків, шлифовальный круг и т.д.), проведен анализ полученных зависимостей.

4. Расчет шатуна автотракторного двигателя.

Дан расчет динамических напряжений для шатуна автотракторного двигателя, показано опасное сечение шатуна, в котором возникает максимальный изгибающий момент.

5. Определение напряжений при ударе.

Дано понятие удара и показано, что рассмотрение удара основано на законе сохранения энергии. Получено значение динамического коэффициента через высоту падения груза и через скорость груза в момент соударения. Дано понятие мгновенного удара.

1.17 Лекция № 17 (2 часа).

Тема: «Собственные и вынужденные колебания».

1.17.1 Вопросы лекции:

1. Вычисление напряжений при колебаниях.

1.17.2 Краткое содержание вопросов

1. Вычисление напряжений при колебаниях.

Дано понятие собственным и вынужденным колебаниям. Определена частота собственных колебаний системы. Выведена формула для определения амплитуды вынужденных колебаний, динамического напряжения, введено понятие коэффициента нарастания колебаний, рассмотрены условия возникновения резонанса.

1.18 Лекция № 18 (2 часа).

Тема: «Повторно-переменные нагрузки».

1.18.1 Вопросы лекции:

1. Общие понятия
2. Расчеты на прочность при переменных напряжениях.
3. Основные характеристики цикла. Кривая усталости при симметричном цикле. Предел усталости. Диаграмма предельных амплитуд цикла.
4. Факторы, влияющие на предел усталости.

1.18.2 Краткое содержание вопросов

1. Общие понятия.

Очень часто элементы конструкций во время эксплуатации испытывают повторно переменные нагрузки, которые меняются как по величине, так и по направлению. При таких нагрузках значительно снижается срок службы деталей машин.

2. Расчеты на прочность при переменных напряжениях.

При расчетах на прочность элементов конструкций, испытывающих повторно переменные нагрузки, нельзя использовать такие характеристики прочности как предел пропорциональности, предел упругости, предел текучести и предел прочности. Основной

характеристикой прочности при этом является предел усталости или предел выносливости.

3. Основные характеристики цикла. Кривая усталости при симметричном цикле. Предел усталости. Диаграмма предельных амплитуд цикла.

Напряжения при повторно переменных нагрузках циклически. Основными характеристиками цикла являются: максимальное напряжение цикла, минимальное напряжение цикла, среднее напряжение цикла, амплитуда цикла, коэффициент асимметрии цикла.

Для определения предела усталости для материала строят кривую усталости для симметричного цикла, которая представляет собой график показывающий сколько циклов нагружения выдержит образец при заданном напряжении. Напряжение, при котором образец проработает более 10^7 циклов без разрушения и есть предел усталости.

Для определения числа циклов, которое выдержит образец при различных циклах нагружения (более чем 10^7 или менее), строят диаграмму предельных амплитуд.

4. Факторы, влияющие на предел усталости.

На предел усталости влияет много различных факторов. Основными являются:

- 1) абсолютные размеры поперечного сечения (масштабный фактор);
- 2) качество обработки поверхности;
- 3) концентрация напряжений;
- 4) поверхностное упрочнение;
- 5) эксплуатационные факторы (коррозия, температура и т.д.)

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

2.1 Лабораторная работа № ЛР-1 (4 часа).

Тема: «Испытание образца из малоуглеродистой стали на растяжение».

2.1.1 Цель работы: подвергнуть образец из малоуглеродистой стали на растяжение до полного разрушения.

2.1.2 Задачи работы:

1. Получить диаграмму растяжения стального образца.
2. Определить для материала образца основные механические характеристики прочности, пластичности и вязкости.

2.1.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Испытательная машина УМ-5.
2. Планиметр.
3. Штангенциркуль.

2.1.4 Описание (ход) работы:

1. Подготовить образец для проведения опыта: измерить его диаметр, отметить первоначальную длину.
2. Установить на барабан пишущего устройства миллиметровую бумагу.
3. Включить привод машины и разорвать образец.
4. Провести замеры образца после разрушения: диаметр шейки, конечную длину образца.
5. Снять показание со шкалы машины значение максимальной нагрузки, которую выдержал образец.
6. Измерить планиметром площадь диаграммы растяжения.
7. Определить основные механические характеристики материала образца и заполнить журнал.

2.2 Лабораторная работа № ЛР-2 (4 часа).

Тема: «Построение эпюр ВСФ».

2.2.1 Цель работы: Освоить методику построения эпюр внутренних силовых факторов.

2.2.2 Задачи работы:

1. Построить эпюру продольных сил.
2. Построить эпюру крутящих моментов.
3. Построить эпюры для консольной балки.
4. Построить эпюры для балки на двух шарнирных опорах.

2.2.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Пакет программ APM WinMachine, модуль APM Beam

2.2.4 Описание (ход) работы:

1. Составить расчетную схему вала.
2. При необходимости определить опорные реакции и выполнить проверку правильности их определения.
3. Составить аналитические выражения для ВСФ и построить эпюры.
4. Построить аналогичные эпюры, используя модуль APM Beam.
5. Сравнить полученные результаты

2.3 Лабораторная работа № ЛР-3 (2 часа).

Тема: «Осевое растяжение и сжатие».

2.3.1 Цель работы: Освоить методику проведения проектировочного расчета стержней и определения их несущей способности.

2.3.2 Задачи работы:

1. Определить размеры поперечного сечения втулки, если известен материал, из которого она изготовлена.
2. Определить максимальную нагрузку, которую выдержит кронштейн, состоящий из двух стержней.

2.3.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Пакет программ APM WinMachine, модуль APM Beam

2.3.4 Описание (ход) работы:

1. Записать условие прочности при осевом растяжении (сжатии), из которого можно определить искомую величину.
2. Проверить правильность расчетов, используя модуль APM Beam.
5. Сравнить полученные результаты

2.4 Лабораторная работа № ЛР-4 (2 часа).

Тема: «Определение модуля нормальной упругости стали».

2.4.1 Цель работы: Определить модуль нормальной упругости стали.

2.4.2 Задачи работы:

1. Для заданного стержня, сжимаемого заданной силой, определить абсолютное удлинение и определить модуль нормальной упругости, используя закон Гука при осевом растяжении сжатии.

2.4.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Зеркальный тензометр Мартенса.
2. Ручной гидравлический пресс.
3. Пакет программ APM WinMachine, модуль APM Beam

2.4.4 Описание (ход) работы:

1. Настроить Зеркальный тензометр Мартенса на проведение опыта.
2. Подвергнуть стальной образец сжатию, определить его абсолютную деформацию и рассчитать величину модуля нормальной упругости стали.

3. Выполнить расчет модуля нормальной упругости стали, определив абсолютную деформацию стержня при помощи модуля APM Beam.
5. Сравнить полученные результаты

2.5 Лабораторная работа № ЛР-5 (2 часа).

Тема: «Испытание образцов из различных материалов на сжатие».

2.5.1 Цель работы: Определить основные характеристики прочности для стального образца, бронзового и двух из древесины, сжимая последние вдоль и поперек волокон.

2.5.2 Задачи работы:

1. Испытать стальной и бронзовый образец и выявить различие в их поведении при сжатии.
2. Испытать два деревянных образца и выявить различие в их поведении при сжатии вдоль и поперек волокон.

2.5.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Испытательная машина ГМС-50.
2. Штангенциркуль.
3. Стальной, бронзовый и два деревянных образца.

2.5.4 Описание (ход) работы:

1. Определить замеры образцов: диаметры стального и бронзового, размеры сторон у образцов из древесины.
2. Поочередно подвергнуть сжатию образцы, фиксируя действующую нагрузку и записывая диаграммы сжатия.
3. Провести анализ диаграмм сжатия и определить пределы прочности для бронзы и древесины при сжатии ее вдоль волокон и условный предел прочности при нагружении образца из древесины поперек волокон.
4. Обосновать характер разрушения бронзового образца.

2.6 Лабораторная работа № ЛР-6 (2 часа).

Тема: «Анализ напряженного и деформированного состояния».

2.6.1 Цель работы: Освоить методику определения величины и направления главных напряжений при плоском напряженном состоянии. Рассмотреть поведение бруса (дюралевого параллелепипеда) при заданной нагрузке.

2.6.2 Задачи работы:

1. Определить величину и направление главных напряжений при плоском напряженном состоянии.
2. Определить первоначальную величину дюралевого параллелепипеда, который вставлен в сквозной или глухой паз сплошной недеформируемой плиты, сжимаемого заданной силой.

2.6.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Работа проводится без специального оборудования, приборов и материалов.

2.6.4 Описание (ход) работы:

1. Выполнить расчет величины и направления главных напряжений, используя теоретические зависимости и заданную схему плоского напряженного состояния.
2. Рассмотреть относительную деформацию дюралевого параллелепипеда, вставленного в сквозной или глухой паз сплошной недеформируемой плиты и из полученной зависимости определить его первоначальные размеры.

2.7 Лабораторная работа № ЛР-7 (4 часа).

Тема: «Моменты инерции плоских сечений».

2.7.1 Цель работы: Освоить методику определения положения главных центральных осей инерции и величину главных центральных моментов инерции.

2.7.2 Задачи работы:

1. Для заданного сложного сечения определить положение главных центральных осей инерции и величину моментов инерции относительно этих осей.

2. Определить первоначальную величину дюралевого параллелепипеда, который вставлен в сквозной или глухой паз сплошной недеформируемой плиты, сжимаемого заданной силой.

2.7.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

3. Пакет программ APM WinMachine, модуль APM Beam

2.7.4 Описание (ход) работы:

1. Определить величину центральных моментов инерции сечения.
2. Определить угол, на который необходимо повернуть оси, чтобы они стали главными осями инерции.
3. Определить величину главных центральных моментов инерции сечения.
4. Выполнить проверку расчетов.
5. Определить величину главных центральных моментов инерции сечения в модуле APM Beam.
6. Сравнить полученные результаты.

2.8 Лабораторная работа № ЛР-8 (2 часа).

Тема: «Определение модуля сдвига для стали».

2.8.1 Цель работы: Определить модуль сдвига для стали. Проверить выполнение закона Гука при кручении.

2.8.2 Задачи работы:

1. Для заданного стержня, к которому приложен крутящий момент, определить угол закручивания и определить модуль сдвига, используя закон Гука при кручении

2.8.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Лабораторная установка КМ 50-1.
2. Пакет программ APM WinMachine, модуль APM Beam
3. Индикатор часового типа

2.8.4 Описание (ход) работы:

1. Настроить лабораторную установку КМ 50 - 1 на проведение опыта.
2. Подвергнуть стальной образец кручению, определить его угол закручивания на расчетной длине.
3. Выполнить расчет модуля сдвига для стали, определив угол закручивания при помощи модуля APM Beam.
5. Сравнить полученные результаты.
6. Построить график зависимости угла закручивания от крутящего момента.

2.9 Лабораторная работа № ЛР-9 (2 часа).

Тема: «Кручение. Подбор сечений вала из условия прочности».

2.9.1 Цель работы: Освоить методику проведения расчета вала из условия прочности при кручении.

2.9.2 Задачи работы:

1. Определить размеры поперечного сечения вала сплошного и вала полого при одинаковых входных параметрах, сравнить вес валов.

2.9.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Пакет программ APM WinMachine, модуль APM Beam

2.9.4 Описание (ход) работы:

1. Построить эпюру крутящих моментов для вала.
2. Записать условие прочности при кручении вала и определить размеры поперечного сечения вала сплошного и вала полого.
3. Сравнить вес валов.
4. Проверить полученные результаты при помощи модуля APM Beam.

2.10 Лабораторная работа № ЛР-10 (2 часа).

Тема: «Кручение. Подбор сечения вала из условия жесткости».

2.10.1 Цель работы: Освоить методику проведения расчета вала из условия жесткости при кручении.

2.10.2 Задачи работы:

1. Определить размеры поперечного сечения сплошного вала и полого при одинаковых входных параметрах из условия жесткости, сравнить вес валов.

2.10.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Пакет программ APM WinMachine, модуль APM Beam

2.10.4 Описание (ход) работы:

1. Построить эпюры крутящих моментов и определить положение опасного сечения.
2. Записать условие жесткости при кручении и определить размеры поперечного сечения валов.
3. Проверить полученные результаты при помощи модуля APM Beam.
4. Сравнить вес валов.

2.11 Лабораторная работа № ЛР-11 (2 часа).

Тема: «Изгиб. Подбор сечений».

2.11.1 Цель работы: Освоить методику проведения расчета балки из условия прочности при изгибе.

2.11.2 Задачи работы:

1. Определить размеры поперечного сечения балки круглого поперечного сечения, прямоугольного сечения и балки, выполненной из прокатного профиля.

2.11.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Пакет программ APM Win Machine, модуль APM Beam

2.11.4 Описание (ход) работы:

1. Построить эпюры ВСФ и определить положение опасного сечения.
2. Записать условие прочности при изгибе и определить размеры поперечного сечения балки заданного поперечного сечения.
3. Проверить полученные результаты при помощи модуля APM Beam.

2.12 Лабораторная работа № ЛР-12 (2 часа).

Тема: «Определение перемещений в балке на двух опорах».

2.12.1 Цель работы: Освоить методику определения линейных и угловых перемещений в балке на двух опорах.

2.12.2 Задачи работы:

1. Для заданной балки определить прогиб посередине пролета и угол поворота торцевого сечения опытным и расчетным путем.

2.12.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Лабораторная установка СМ-4а.
2. Индикатор часового типа.
3. Пакет программ APM WinMachine, модуль APM Beam.
4. Набор грузов.

2.12.4 Описание (ход) работы:

1. Настроить лабораторную установку на проведение опыта.
2. Нагрузить балку посередине пролета грузами, записать показания индикаторов, определить опытные перемещения.
3. Определить перемещения расчетным путем.
4. Сравнить результаты, полученные опытным и расчетным путем.
5. Определить перемещения с помощью модуля APM Beam и сравнить с результатами, которые получены ранее и проанализировать их.

2.13 Лабораторная работа № ЛР-13 (4 часа).

Тема: «Полная проверка прочности балки при изгибе».

2.13.1 Цель работы: Освоить методику проведения полной проверки прочности балки при изгибе.

2.13.2 Задачи работы:

1. Определить размеры поперечного сечения балки двутаврового профиля, используя третью теорию прочности.

2.13.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Пакет программ APM WinMachine, модуль APM Beam

2.13.4 Описание (ход) работы:

1. Построить эпюры ВСФ и определить положение опасного сечения.
2. Записать условие прочности при изгибе и определить размеры поперечного сечения балки двутаврового профиля.
3. Проверить выбранное сечение на прочность по касательным напряжениям.
4. Определить нормальные и касательные напряжения для опасных точек сечения, определить величину расчетных напряжений и сравнить их с допускаемыми напряжениями.
5. Построить эпюры нормальных и касательных напряжений для опасного сечения балки.
6. Проверить полученные результаты при помощи модуля APM Beam.

2.14 Лабораторная работа № ЛР-14 (2 часа).

Тема: «Определение перемещений методом начальных параметров»

2.14.1 Цель работы: Освоить методику определения перемещений балки методом начальных параметров».

2.14.2 Задачи работы:

1. Определить прогиб и угол поворота заданного сечения балки методом начальных параметров.
2. Построить изогнутую ось балки.

2.14.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Пакет программ APM WinMachine, модуль APM Beam

2.14.4 Описание (ход) работы:

1. Составить уравнения прогибов и углов поворота для тех участков балки, в которые входят обе опоры и то сечение, перемещение которого определяют.
2. Определить начальные параметры.
3. Определить искомое перемещение.
4. Проверить выполнение условия жесткости при изгибе.
5. Построить изогнутую ось балки.
6. Проверить полученные результаты при помощи модуля APM Beam.

2.15 Лабораторная работа № ЛР-15 (2 часа).

Тема: «Определение перемещений в балке при косом изгибе».

2.15.1 Цель работы: Освоить методику определения величины и направления прогиба консольной балки при косом изгибе опытным и расчетным путем.

2.15.2 Задачи работы:

1. Для консольной балки определить величину и направления прогиба опытным путем.
2. Для консольной балки определить величину и направления прогиба расчетным путем.

2.15.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Лабораторная установка СМ-11.
2. Миллиметровая бумага.
3. Пакет программ APM WinMachine, модуль APM Beam.

4. Набор грузов.
5. Линейка и транспортир.

2.15.4 Описание (ход) работы:

1. Настроить лабораторную установку на проведение опыта.
2. Нагрузить балку грузами 5Н, 10Н, 15Н и зафиксировать след, по которому она перемещается.
3. Определить опытным путем прогиб и направление перемещения, замерив их линейкой и транспортиром.
4. Определить величину и направления прогиба расчетным путем.
5. Сравнить результаты, полученные опытным и расчетным путем.
6. Определить величину полного прогиба балки с помощью модуля APM Beam и сравнить с результатами, которые получены ранее и проанализировать их.

2.16 Лабораторная работа № ЛР-16 (2 часа).

Тема: «Внецентренное растяжение стального образца. Определение напряжений».

2.16.1 Цель работы: Освоить методику определения величины нормальных напряжений при внецентренном растяжении стального образца.

2.16.2 Задачи работы:

1. Для консольной балки определить величину и направления прогиба опытным путем.
2. Для консольной балки определить величину и направления прогиба расчетным путем.

2.16.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Испытательная машина ГМС-50.
2. Индикатор деформации ИДЦ -1.
3. Пакет программ APM Win Machine, модуль APM Beam.
4. Источник питания постоянного тока.
5. Проволочные тензодатчики.
6. Стальной образец с наклеенными тензодатчиками.

2.16.4 Описание (ход) работы:

1. Установить стальной образец в захваты испытательной машины ГМС -50.
2. Нагрузить образец усилием 3, 6, 9 тонн.
3. Записать показания ИДЦ-1 и по тарировочному графику определить относительную деформацию образца.
4. Определить величину нормального напряжения, используя закон Гука в относительной форме.
5. Определить нормальные напряжения расчетным путем.
6. Сравнить результаты, полученные опытным и расчетным путем.
7. Определить величину нормальных напряжений с помощью модуля APM Beam и сравнить с результатами, которые получены ранее и проанализировать их.

2.17 Лабораторная работа № ЛР-17 (2 часа).

Тема: «Определение напряжений при совместном действии изгиба и кручения».

2.17.1 Цель работы: Освоить методику определения величины нормальных напряжений при изгибе и кручении дюралевой тонкостенной трубы.

2.17.2 Задачи работы:

1. Для дюралевой тонкостенной трубы определить величину и направление главных напряжений опытным путем.
2. Для дюралевой тонкостенной трубы определить величину и направление главных напряжений расчетным путем.
3. Сравнить полученные результаты.

2.17.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Лабораторная установка СМ-18.
2. Индикатор деформации ИДЦ-1.
3. Пакет программ APM WinMachine, модуль APM Beam.
4. Источник питания постоянного тока.
5. Проволочные тензодатчики.
6. Набор грузов.

2.17.4 Описание (ход) работы:

1. Настроить лабораторную установку на проведение опыта.
2. Провести тарировку проволочных тензодатчиков.
3. Нагрузить трубу таким образом, чтобы она испытывала изгиб и кручение.
4. Определить величину нормальных напряжений, используя закон Гука в относительной форме для плоского напряженного состояния.
5. Определить величину и направление главных напряжений расчетным путем.
6. Сравнить результаты, полученные опытным и расчетным путем.
7. Определить величину нормальных напряжений с помощью модуля APM Beam и сравнить с результатами, которые получены ранее и провести их анализ.

2.18 Лабораторная работа №ЛР-18 (4 часа).

Тема: «Исследование потери устойчивости центрально сжатого стержня».

2.18.1 Цель работы: Освоить методику определения величины критической силы и критического напряжения для стержня большой гибкости.

2.18.2 Задачи работы:

1. Для стержня большой гибкости прямоугольного поперечного сечения определить величину критической силы и критического напряжения опытным и расчетным путем.
2. Сравнить полученные результаты.

2.18.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Лабораторная установка.
2. Отвес.
3. Набор грузов.

2.18.4 Описание (ход) работы:

1. Установить стержень по отвесу строго вертикально.
2. Постепенно нагружать стержень пока он не потеряет устойчивость.
3. Определить опытную критическую силу и напряжение.
4. Определить критическую силу и напряжение расчетным путем.
6. Сравнить результаты, полученные опытным и расчетным путем.

2.19 Лабораторная работа № ЛР-19 (2 часа).

Тема: «Определение ударной вязкости материала».

2.19.1 Цель работы: Освоить методику определения ударной вязкости материала.

2.19.2 Задачи работы:

1. Определить ударную вязкость материала.

2.19.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Маятниковый копер МК-30.
2. Опытный образец.

2.19.4 Описание (ход) работы:

1. Настроить маятниковый копер на проведение опыта.
2. Установить опытный образец на опорную поверхность копра.
3. Разрушить образец и определить работу, затраченную при этом.
4. Определить ударную вязкость материала.

2.20 Лабораторная работа № ЛР-20 (4 часа).

Тема: «Снятие кривой усталости для симметричного цикла (обзорное занятие)».

2.20.1 Цель работы: освоить методику снятия кривой усталости для симметричного цикла определения предела усталости.

2.20.2 Задачи работы:

1. Снять кривую усталости и определить предел усталости материала..

2.20.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Машина для испытания материала на усталостную прочность типа НУ.

2. Опытный образец.

2.20.4 Описание (ход) работы:

1. Настроить испытательную машину на проведение опыта.

2. Установить опытный образец в цанговые зажимы.

3. Разрушить образец и записать показание счетчика оборотов.

4. Постепенно снижая нагрузку на образец, добиться работы образца более чем 10^7 циклов нагружения. Напряжение, при котором работал образец будет являться пределом усталости.

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

3.1 Практическое занятие № ПЗ-1 (2 часа).

Тема: «Интеграл Максвелла-Мора. Формула Верещагина. Определение перемещений».

3.1.1 Задание для работы:

1. Для заданной балки определить прогиб и угол поворота указанного сечения, используя интеграл Максвелла-Мора.

2. Для заданной балки определить прогиб и угол поворота указанного сечения, используя формулу Верещагина.

3.1.2 Краткое описание проводимого занятия:

Консольная балка и балка на двух шарнирных опорах нагружена внешней нагрузкой: сосредоточенным моментом, сосредоточенной силой и распределенной нагрузкой. Необходимо определить прогиб и угол поворота заданного сечения двумя способами.

3.1.3 Результаты и выводы:

В результате занятий студент получает навыки определения перемещений сечений балок энергетическими методами и получает возможность сравнить трудоемкость расчетов при применении интеграл Максвелла-Мора или формулы Верещагина.

3.2 Практическое занятие № ПЗ-2 (2 часа).

Тема: «Статически неопределимые системы при осевом растяжении и сжатии».

3.2.1 Задание для работы:

1. Для заданной стержневой статически неопределимой системы определить усилия в стержнях.

2. Определить площадь поперечного сечения стержней при заданных допускаемых напряжениях и соотношениях их площадей.

3.2.2 Краткое описание проводимого занятия:

1. Доказать, что заданная система является статически неопределимой.

2. Раскрыть статически неопределимую систему, рассмотрев картину ее перемещения (деформации).

3. Используя закон Гука при осевом растяжении (сжатии) определить усилия в стержнях.

4. Определить площади поперечных сечений стержней, учитывая их соотношение.

3.2.3 Результаты и выводы:

1. При правильном определении размеров поперечных сечений должно выполняться условие прочности для обоих стержней при соблюдении соотношения их площадей.

3.3 Практическое занятие № ПЗ-3 (2 часа).

Тема: «Статически неопределимые системы при изгибе».

3.3.1 Задание для работы:

1. Для заданной статически неопределимой системы определить опорные реакции.
2. Построить эпюры ВСФ.

3.3.2 Краткое описание проводимого занятия:

1. Доказать, что заданная система является статически неопределимой.
2. Выбрать для заданной балки основную систему.
3. Составить каноническое уравнение метода сил.
4. Определить величину лишней неизвестной, которая равна одной из опорных реакций.
5. Определить оставшиеся неизвестные опорные реакции и выполнить проверку правильности их определения.
6. Построить эпюры ВСФ.

3.3.3 Результаты и выводы:

1. Проверить правильность построения эпюр.
2. Построение эпюр для статически неопределимых требует гораздо больших затрат труда и времени.

3.4 Практическое занятие № ПЗ-4 (2 часа).

Тема: «Определение напряжений в балке при косом изгибе. Подбор сечений».

3.4.1 Задание для работы:

1. Для заданной балки прямоугольного поперечного сечения определить высоту и ширину сечения.
2. Построить эпюры нормальных напряжений по сторонам сечения и определить положение нейтральной оси.

3.4.2 Краткое описание проводимого занятия:

1. Для заданной балки построить эпюры изгибающего момента для вертикальных и горизонтальных сил.
2. Определить положение опасного сечения.
3. Записать условие прочности для опасного сечения и определить размеры сечения.
4. Определить напряжения в угловых точках сечения и построить эпюру нормальных напряжений.
5. Определить положение нейтральной оси.

3.4.3 Результаты и выводы:

1. При правильном решении задачи максимальные напряжения в угловых точках сечения не должны превышать допускаемые напряжения

3.5 Практическое занятие № ПЗ-5 (2 часа).

Тема: «Определение напряжений при внецентренном растяжении. Подбор сечений».

3.5.1 Задание для работы:

1. Для чугунного бруса заданного поперечного сечения определить максимальную сжимающую силу, при которой напряжения в угловых точках его сечения не будут превышать допускаемых.

3.5.2 Краткое описание проводимого занятия:

1. Для заданного сечения определить положение центра тяжести и провести через него главные центральные оси инерции.
2. Определить величину главных центральных моментов инерции сечения.
3. Записать условие прочности для зоны сжатых и растянутых волокон.
4. Определить величину максимальной нагрузки, которая обеспечит выполнение условия прочности для всего сечения.

3.5.3 Результаты и выводы:

1. При рассмотрении условий прочности для зон сжатых и растянутых волокон получают два значения сил. В качестве окончательной нагрузки принимают меньшую.

3.6 Практическое занятие № ПЗ-6 (2 часа).

Тема: «Совместное действие изгиба и кручения. Определение диаметра вала при совместном действии изгиба и кручения».

3.6.1 Задание для работы:

1. Определить диаметр вала, на котором установлено три шкива, ремни с которых сходят под заданным углом к горизонту и передают заданные мощности.

3.6.2 Краткое описание проводимого занятия:

1. Определить крутящие моменты на шкивах.
2. Определить нагрузки, которые действуют на вал в вертикальной и горизонтальной плоскости в месте установки шкивов.
3. Составить расчетные схемы для крутящих моментов, вертикальных и горизонтальных сил и построить эпюры..
4. Построить суммарную эпюру изгибающих моментов, определить положение опасного сечения.
5. Определить расчетный момент по заданной теории прочности.
6. Определить диаметр вала и округлить его до стандартного значения.

3.6.3 Результаты и выводы:

1. Диаметр вала определен по опасному сечению и принят постоянным по всей его длине, что нерационально. Поэтому на практике применяют ступенчатые валы, что позволяет экономить материал и тем самым облегчать конструкцию.

3.7 Практическое занятие № ПЗ-7 (2 часа).

Тема: «Подбор сечений при продольном изгибе».

3.7.1 Задание для работы:

1. Для стержня, который испытывает осевое сжатие, определить размеры поперечного сечения, критическое напряжение, критическую силу и коэффициент запаса устойчивости, используя метод последовательных приближений.

3.7.2 Краткое описание проводимого занятия:

1. Определить площадь и размеры поперечного сечения стержня в первом приближении .
2. Определить гибкость стержня и расчетные напряжения в первом приближении.
3. Если расчетные напряжения отличаются от допускаемых более чем на 5%, выполняют второе приближения и т.д., пока не будет достигнуто пятипроцентное расхождение.
4. Определить критическое напряжение, критическую силу и коэффициент запаса устойчивости.

3.7.3 Результаты и выводы:

1. Анализ полученных результатов может показать правильность или неточность расчетов, так как коэффициент запаса устойчивости должен находиться в пределах 1,8...2,1.

3.8 Практическое занятие № ПЗ-8 (2 часа).

Тема: «Подбор сечений в элементах конструкций при динамическом действии нагрузки».

3.8.1 Задание для работы:

1. Определить размеры поперечных сечений элементов конструкций, которые испытывают динамическую нагрузку: равноускоренное движение груза, удар.

3.8.2 Краткое описание проводимого занятия:

1. Определить площадь поперечного сечения балки, выполненной из прокатного профиля, если она находится под действием груза, на который действуют силы инерции от равноускоренного подъема груза.

2. Определить площадь поперечного сечения балки, выполненной из прокатного профиля, если она испытывает удар от падающего груза.

3. Решение задач начинают с определения динамического коэффициента и статических напряжений.

4. Запись условия прочности позволяет решить поставленную задачу.

3.8.3 Результаты и выводы:

1. Анализ полученных результатов может показать правильность или неточность расчетов, так расчетные напряжения в опасном сечении балки не должны превышать допускаемые напряжения.

3.9 Практическое занятие № ПЗ-9 (2 часа).

Тема: «Машины для испытания образцов на усталостную прочность (обзорное занятие)».

3.9.1 Задание для работы:

1. Изучить конструкцию машин для определения усталостной прочности материалов, методику проведения опытов, дать анализ ожидаемых результатов.

3.9.2 Краткое описание проводимого занятия:

1. Составить план проведения испытаний.

2. Рассмотреть методику нагружения испытываемого образца.

3. Рассмотреть методику снятия показаний опытов.

3.9.3 Результаты и выводы:

1. Изучив конструкцию машин для испытания образцов на усталостную прочность (МУП-20, МИП-8, машина типа НУ), методику проведения опытов, и зная ожидаемый результат, приходит понимание трудоемкости процесса и значимости его результатов для прочности элементов конструкций, которые испытывают переменные напряжения.