

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

Тихоокеанский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе
_____ С.В. Шалобанов
« ____ » _____ 200__ г.

ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
по кафедре механики деформируемого твердого тела

СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

Утверждена научно-методическим советом университета для
направлений подготовки в области техники и технологии

Специальности:

310900 ЗМУ
290300 ПГС
290500 ГСХ
290700 ТВ
290800 ВВ
290600 ПСК
291000 АД
291100 МТ
330600 ЗЧС
090700 ПСЭГГ

Хабаровск 2007г.

Согласование программы

Программа разработана в соответствии с требованиями государственного образовательного стандарта, предъявляемыми к минимуму содержания дисциплины и в соответствии с примерной программой дисциплины, утвержденной департаментом образовательных программ и стандартов профессионального образования с учетом особенностей региона и условий организации учебного процесса Тихоокеанского государственного технического университета.

Программу составили:

Дойхен Ю.М.	к.т.н., доцент кафедры МДТТ
Шестаков И.А.	к.т.н., доцент кафедры МДТТ
Шишкин А.И.	к.т.н., доцент кафедры МДТТ
Вайсфельд А.А.	к.т.н., зав.кафедрой МДТТ

Программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры МДТТ
протокол № _____ от «__» _____ 2007 г.

Зав. кафедрой _____ «__» _____ 2007г. Вайсфельд А.А.

Программа рассмотрена и утверждена на заседании УМК и рекомендована к
изданию протокол № ____ от «__» _____ 2007 г.
Председатель УМК _____ «__» _____ 2007г .

Директор ИАС _____ «__» _____ 2007г. Лучкова В.И.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИЗУЧАЕМОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Курс сопротивления материалов преследует цель научить будущего инженера-строителя: правильно выбирать расчетную схему элемента конструкции; выполнять его расчет, т.е. определять безопасные и экономичные размеры поперечного сечения; правильно оценивать результаты расчета.

Размеры поперечных сечений элементов, несущих нагрузку, определяются расчетом на прочность, жесткость и устойчивость.

Кроме этого, для конструкции, уже находящейся в эксплуатации, инженер должен уметь определить величину безопасной нагрузки.

Излагаемый материал тесно связан и базируется на курсах математики, физики и теоретической механики. Одной из задач курса сопротивления материалов является подготовка студентов к изучению последующих дисциплин: строительной механики, металлических и железобетонных конструкций, конструкций из дерева и пластмасс, оснований и фундаментов, в которых студент неизбежно сталкивается с необходимостью использования знаний и умений, полученных в курсе сопротивления материалов.

Ограниченное число часов для изучения дисциплины обусловило вынесение ряда разделов курса на самостоятельную внеаудиторную работу с указанием необходимой литературы.

2. ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Инженеры-строители должны обладать определенным объемом знаний в области сопротивления материалов, необходимым для решения производственных и проектно-конструкторских задач, исследовательских работ.

Они должны:

1. Знать предмет, задачи и возможности курса, принципы составления расчетных схем.
2. Уметь определить виды сопротивления и внутренние силовые факторы при любой нагрузке.
3. Уметь определить напряжения, деформации и перемещения в случае простого и сложного сопротивления.
4. Оценить напряженное состояние в опасной точке и выбрать метод оценки прочности при любом случае простого и сложного сопротивления.
5. Овладеть практическими методами расчета на жесткость.
6. Овладеть практическими методами расчета на устойчивость
7. Овладеть методикой расчёта статически неопределимых систем.
8. Знать методы расчетов деталей и конструкций, испытывающих динамическое действие нагрузок.
9. Знать принципы расчета на прочность с учетом температурных воздействий и процессов, связанных с длительностью эксплуатации.

Усвоив такой объем знаний, и овладев определенными навыками расчетов, специалисты строительного профиля должны уметь:

1. Сформулировать задачу.
2. Выбрать расчетную схему реальной конструкции.

3. Принять рациональную форму сечения, обеспечивающую наименьшую материалоемкость.
4. Подобрать материал, обеспечивающий надежность работы конструкции, ее минимальную стоимость и вес.
5. Оценить и проанализировать результаты, полученные путем инженерных расчетов.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Таблица 1

Наименование	По учебным планам (УП)	
	С максимальной трудоемкостью	С минимальной трудоемкостью
Общая трудоемкость дисциплины:		
по ГОС	240	
по УП	238	85
Изучается в семестрах	3, 4	3
Вид итогового контроля по семестрам:		
зачет	4	3
экзамен	3	
расчетно-графические работы	3, 4	3
домашние задания		
Аудиторные занятия:		
всего	136	51
В том числе:		
лекции (Л)	68	17
лабораторные работы (ЛР)	34	17
практические занятия (ПЗ)	34	17
Самостоятельная работа:		
общий объем часов (С2)	102	34
В том числе:		
на подготовку к лекциям	17	4
на подготовку к лабораторным работам	17	4
на подготовку к практическим занятиям	17	4
на выполнение РГР	51	22
на выполнение ДЗ		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

ВВЕДЕНИЕ

Задача курса сопротивления материалов по изучению напряженно-деформированного состояния и работоспособности наиболее простых и типичных элементов конструкций, машин, аппаратов.

Связь курса с общенаучными, общетехническими и специальными дисциплинами. Сопротивление материалов, теория упругости и пластичности. Методика решения задач в сопротивлении материалов. Рассмотрение типичных расчетных схем. Определение стержня, пластины, оболочки. Перемещения угловые и линейные. Перемещения малые и большие. Принцип начальных размеров. Упругость и пластичность. Понятие об изотропии и анизотропии. Основные гипотезы о деформируемом теле. Деформации линейные и угловые (сдвиги). Понятие о больших деформациях.

Внешние силы и их классификация. Силы объемные и поверхностные. Заданные нагрузки и реакции опор.

Нагрузки статические и динамические. Нагрузки постоянные и переменные во времени.

Принцип Сен-Венана. Принцип независимости действия сил.

Внутренние силы и метод их изучения (метод сечений). Напряжение полное, нормальное и касательное. Понятие о напряженном и деформированном состоянии. Внутренние силовые факторы в поперечных сечениях стержня и их выражение через напряжения. Классификация типов нагружения стержня по внутренним силовым факторам.

1. Растяжение и сжатие

Растяжение и сжатие прямого стержня. Напряжения в поперечных и наклонных сечениях прямого стержня. Одноосное (линейное) напряженное состояние, максимальные нормальные и касательные напряжения при одноосном напряженном состоянии.

Деформированное состояние при растяжении или сжатии. Деформации продольные и поперечные. Коэффициент поперечной деформации (коэффициент Пуассона). Закон Гука при одноосном напряженном состоянии. Модуль упругости. Определение осевых перемещений поперечных сечений. Жесткость при растяжении и сжатии. Изменение объема при растяжении и сжатии.

Потенциальная энергия деформации. Удельная потенциальная энергия. Рассмотрение нормальных сил, нормальных напряжений в поперечных сечениях прямого стержня и осевых перемещений этих сечений в различных случаях нагружения стержня осевыми силами (сосредоточенными и распределенными). Построение соответствующих эпюр.

2. Механические свойства материалов при растяжении и сжатии

Опытное изучение свойства материалов при растяжении. Диаграмма растяжения. Ее характерные параметры: предел пропорциональности, упругости, текучести, прочности (временное сопротивление). Истинная диаграмма растяжения. Несовершенство структуры кристаллов. Механизм пластической деформации. Дислокации. Полосы скольжения. Закон разгрузки и повторного нагружения. Эффект Баушингера. Механические свойства при сжатии. Диаграмма сжатия. Пластическое и хрупкое состояния материалов, типы разрушений.

Влияние температуры и скорости нагружения на механические характеристики материалов.

Ползучесть. Кривые ползучести. Релаксация напряжений. Длительная прочность. Предел длительной прочности. Понятие о влиянии нейтронного облучения на механические свойства материалов. Особенности механических свойств конструкционных полимеров. Высокоэластические деформации.

Основные представления о прочности при напряжениях, циклически изменяющихся во времени. Понятие о концентрации напряжений. Влияние концентрации напряжений на прочность при статических и переменных напряжениях в связи с состоянием материала.

3. Расчеты на прочность и жесткость при растяжении и сжатии

Предельное состояние. Критерии предельного состояния в зависимости от свойств материала, условий работы и назначения конструкции. Расчет по допускаемым напряжениям и нагрузкам. Основные понятия о надежности и долговечности конструкции. Коэффициент запаса. Технико-экономические факторы, влияющие на величину коэффициента запаса. Типы задач при расчете на прочность: проверка на прочность, подбор сечений и определение допускаемой нагрузки. Сопротивление материалов и экономичность конструкций и машин. Понятие о рациональных конструкциях. Принцип равнопрочности при проектировании конструкций. Расчеты на жесткость. Определение перемещений, характеризующих изменение геометрических размеров простейших конструкций, элементы которых растянуты или сжаты. Статически неопределимые системы. Расчеты в связи с изменением температуры и наличием натягов при сборке конструкции.

4. Кручение

Исследование чистого сдвига на примере кручения тонкостенных круглых трубок. Напряжения в поперечных сечениях и в сечениях, проходящих через ось трубки. Закон парности касательных напряжений. Напряжения в сечениях, наклонных к оси трубки. Главные напряжения при чистом сдвиге. Закон Гука для сдвига. Модуль сдвига. Неизменность объема при сдвиге.

Удельная потенциальная энергия деформации при сдвиге. Зависимость между тремя упругими постоянными для изотропного тела. Механические свойства материалов при чистом сдвиге. Диаграмма сдвига. Кручение прямого стержня круглого поперечного сечения.

Напряжения в поперечном сечении. Полярный момент инерции. Угол закручивания. Жесткость при кручении. Потенциальная энергия деформации круглого стержня при кручении. Расчет сплошного и концентрического пустотелого круглого стержня на прочность и жесткость. Эпюры крутящих моментов, напряжений и углов закручивания.

Статически неопределимые задачи кручения. Основные результаты теории кручения стержня некрутого сечения. Понятие о гидродинамической и мембранной аналогиях. Чистое кручение тонкостенных стержней замкнутого и незамкнутого профиля.

5. Геометрические характеристики поперечных сечений стержня

Статические моменты площади. Осевые, полярные и центробежные моменты инерции площади. Радиусы инерции. Зависимости между моментами инерции для параллельных осей. Изменение осевых моментов инерции в зависимости от угла поворота координатных осей. Главные оси инерции. Главные моменты инерции. Определение положения главных осей и вычисление главных моментов инерции различных сечений.

6. Изгиб прямых стержней

Внешние силы, вызывающие изгиб. Опоры и опорные реакции. Определение внутренних силовых факторов в поперечных сечениях балок при изгибе (поперечная сила и изгибающий момент). Дифференциальные зависимости между изгибающим моментом, поперечной силой и интенсивностью нагрузки. Эпюры поперечных сил и изгибающих моментов. Чистый и поперечный изгиб в одной из главных плоскостей стержня. Зависимость между изгибающим моментом и кривизной оси изогнутого стержня при чистом изгибе. Жесткость при изгибе. Нормальные напряжения при чистом изгибе. Распространение выводов чистого изгиба на поперечный изгиб. Касательные напряжения при поперечном изгибе стержней (формула Д. И. Журавского). Касательные напряжения при изгибе тонкостенных стержней. Понятие о центре изгиба. Главные напряжения при изгибе. Расчеты на статическую прочность при изгибе. Рациональные сечения балок.

Потенциальная энергия деформации при изгибе. Применение теории изгиба прямого стержня к расчету стержней малой кривизны. Изгиб стержня переменного сечения. Понятие о расчете составных балок. Дифференциальное уравнение изогнутой оси прямого стержня и его интегрирование. Метод начальных параметров

7. Изгиб плоского бруса большой кривизны

Внутренние силовые факторы. Закон распределения нормальных напряжений в поперечном сечении при плоском изгибе. Вычисление напряжений. Определение положения нейтральной линии для сечений разного вида.

8. Теории напряженного и деформированного состояния

Напряженное состояние в точке. Компоненты напряжения, их обозначения. Определение напряжений в наклонной площадке. Главные напряжения. Определение положения главных площадок и отыскание величин главных напряжений. Инварианты напряжений. Эллипсоид напряжений. Графическое изображение напряженного состояния с помощью кругов Мора. Экстремальные значения касательных напряжений. Исследование часто встречающихся напряженных состояний.

Деформированное состояние в точке. Компоненты деформации, их обозначения. Главные оси деформированного состояния и главные деформации. Общая линейная зависимость между компонентами напряжения и деформации для изотропного тела. Объемная деформация. Удельная потенциальная энергия. Удельная энергия изменения объема и удельная энергия изменения формы.

9. Экспериментальные методы исследования деформаций и напряжений (Материал этой темы прорабатывается в основном в процессе прохождения студентами лабораторного практикума)

Классификация экспериментальных методов. Измерение деформаций механическими тензометрами. Понятие о базе измерения и увеличении показаний, даваемых прибором. Основы электротензометрии. Тензорезисторы (датчики омического сопротивления). Схемы измерения и аппаратура. Понятие о тензочувствительности и тарировке. Назначение розеток из тензорезисторов и метод обработки результатов измерения. Сведения о малогабаритных тензорезисторах. Понятие об автоматизации процессов измерения и обработки результатов при статических испытаниях.

Поляризационно-оптический метод исследования напряжений. Физические основы метода. Схемы прибора. Изохормы и изоклины. Тарировка материала модели. Определение напряжений на контуре. Нахождение касательных напряжений в произвольном сечении модели. Подобие природы и модели. Понятия о решении объемных задач (метод «замораживания» и метод вклеек).

Краткие сведения о других экспериментальных методах (метод сеток, метод хрупких лаковых покрытий, метод муаровых полос, рентгеновский метод, применение лазерной техники).

10. Гипотезы возникновения пластических деформаций

Назначение гипотез. Эквивалентное напряжение. Критерии возникновения пластических деформаций и формулы эквивалентности по различным гипотезам. Гипотеза наибольших касательных напряжений. Гипотеза энергии формоизменения и различные ее трактовки. Гипотеза Мора для материалов с различными пределами текучести при растяжении и сжатии и возможности ее уточнения. Сопоставление критериев и обзор формул эквивалентности. Пределы применимости гипотез и их экспериментальная оценка. Обзор новых гипотез.

Применение формул эквивалентности к расчету стержней в общем случае нагружения (при совместном изгибе, растяжении или сжатии и кручении). Определение коэффициента запаса по пределу текучести.

11. Гипотезы разрушения

Хрупкое и пластическое состояния материала при разрушении. Зависимость характера разрушения от вида напряженного состояния. Гипотеза разрушения Мора для материалов с различными пределами прочности при растяжении и сжатии. Современная трактовка условий равновесия тел с трещинами как основа кинетических гипотез разрушения.

12. Потенциальная энергия деформации и общие методы определения перемещений

Потенциальная энергия деформации стержня при произвольном нагружении. Теоремы о взаимности работ и перемещений. Теорема Кастилиано и принцип наименьшей работы. Интеграл Мора для вычисления перемещений произвольно нагруженных стержней. Правило Симпсона и правило Верещагина. Определение температурных перемещений.

13. Расчет винтовых пружин

Цилиндрические пружины растяжения, сжатия и кручения. Расчеты на прочность и жесткость. Влияние кривизны витка. Жесткость и прочность фасонных пружин, нелинейность их характеристик.

14. Статически неопределимые системы

Анализ структуры простейших стержневых систем. Понятие о степенях свободы и связях. Метод сил. Канонические уравнения. Выбор основной системы, прямая и обратная симметрии. Расчет статически неопределимых балок и рамных систем. Использование матричной формы записи расчетных зависимостей в связи с применением ЭЦВМ. Понятие о расчете статически неопределимых систем в связи с изменением температуры и наличием натягов при сборке конструкции.

15. Расчет тонкостенных стержней

Определение тонкостенного стержня. Секториальные характеристики тонкостенного открытого профиля. Центр изгиба. Основные гипотезы. Зависимости между деформациями и смещениями. Дифференциальные уравнения растяжения, изгиба и кручения тонкостенного стержня. Формулы для нормальных и касательных напряжений.

16. Расчет тонкостенных оболочки пластин

Безмоментная теория осесимметрично нагруженных тонкостенных оболочек вращения. Уравнения безмоментной теории. Цилиндрическая, сферическая и коническая оболочки, находящиеся под воздействием постоянного и гидростатического давления. Расчет тонкостенных сосудов, имеющих форму тел

вращения. Моментная теория тонкостенных цилиндрических оболочек при осесимметричной нагрузке. Вывод основного дифференциального уравнения. Формулы для вычисления напряжений. Определение постоянных интегрирования при большой и малой длине оболочки. Краевой эффект.

Чистый изгиб пластины. Зависимость между изгибающими моментами и перемещениями. Уравнение изогнутой поверхности пластины. Условия на контуре. Расчет круглых пластин при осесимметричной нагрузке. Понятие о температурных напряжениях в пластинах и оболочках.

17. Расчет толстостенных труб

Задача Ляме. Определение напряжений и радиальных перемещений в толстостенных цилиндрах. Оценка прочности толстостенных цилиндров. Рассмотрение частных случаев нагружения труб давлением. Напряжения при посадке двух цилиндров с натягом. Определение контактного давления.

18. Устойчивость равновесия деформируемых систем

Понятие об устойчивых и неустойчивых формах равновесия. Критическая нагрузка. Устойчивость сжатых стержней. Формула Эйлера при различных случаях опорных закреплений и пределы ее применимости. Понятие о потере устойчивости при напряжениях, превышающих предел пропорциональности. Формула Ф. С. Ясинского. Расчет по коэффициентам уменьшения допускаемых напряжений. Понятие об устойчивости плоской формы изгиба. Энергетический метод определения критических нагрузок.

19. Продольно-поперечный изгиб прямого стержня

Особенности задачи в связи с ее нелинейностью. Интегрирование дифференциального уравнения изогнутой оси. Приближенный метод расчета. Определение напряжений и коэффициента запаса

20. Расчеты за пределами упругости

Упругопластический изгиб и кручение стержней. Разгрузка и остаточные напряжения. Пластическое обжатие винтовых пружин (заневоливание). Понятие о расчете по допускаемым нагрузкам. Несущая способность статически неопределимых систем. Основные гипотезы теории малых упругопластических деформаций. Зависимости между напряжениями и деформациями за пределом упругости. Диаграммы деформирования и их схематизация. Расчет толстостенных труб за пределом упругости. Определение предельного давления. Определение остаточных напряжений и их влияние на несущую способность труб. Понятие об автоскреплении цилиндров. Расчет элементов конструкций из материалов, не следующих закону Гука, в том числе пластиков с неоднородными свойствами по сечению. Понятие о расчете армированных деталей и деталей, выполненных из композитных материалов.

21. Местные напряжения

Концентрация напряжений в связи с местными изменениями формы детали. Примеры. Характерные особенности поля напряжений в зоне концентраторов. Теоретические коэффициенты концентрации. Методы их определения. Пример вычисления теоретического коэффициента при осесимметричном растяжении круглой пластины с малым круговым отверстием. Концентрация напряжения и деформаций в пластическом состоянии материала и в условиях ползучести. Эффективный коэффициент концентрации при статической нагрузке. Контактные напряжения, характер их распределения при начальном соприкосновении гладких упругих тел в точке и по прямой. Формулы Герца и их анализ.

22. Прочность при напряжениях, циклически изменяющихся во времени

Современные представления о прочности материалов при напряжениях, циклически изменяющихся во времени. Механизм усталостного разрушения. Кривые усталости и предел выносливости, вероятность разрушения в зависимости от перехода к предельным состояниям по уровню напряженности или по числу циклов.

Влияние на выносливость качества поверхности, наклепа и окружающей среды. Концентрация напряжений и абсолютные размеры как факторы, влияющие на выносливость. Эффективные, коэффициенты концентрации при напряжениях переменных во времени.

Характеристики циклов переменных напряжений. Диаграммы предельных напряжений при асимметричных циклах. Расчеты на прочность при одноосном напряженном состоянии и при кручении для несимметричных циклов. Выносливость при совместном изгибе и кручении. Гипотезы прочности при переменных напряжениях. Коэффициент запаса прочности при переменных напряжениях. Накопление усталостного повреждения и влияние нестационарного нагружения на сопротивление усталости. Закон линейного суммирования повреждений.

Понятие об определении долговечности при стационарных и нестационарных переменных напряжениях. Пластические деформации при циклическом деформировании и условия малоциклового разрушения.

Понятие о повышении выносливости конструктивными и технологическими мероприятиями.

23. Динамическая нагрузка

Использование принципа Даламбера. Силы инерции. Тонкостенное кольцо, вращающееся равномерно или неравномерно. Рамы, движущиеся неравномерно. Ударная нагрузка и вызываемые ею в системе перемещения и напряжения в случае соударения одного груза с ударяемой системой. Способ расчета по балансу энергии. Влияние собственной массы ударяемой системы. Испытание на удар. Пластическое и хрупкое состояние материала при разрушении. Критическая температура хрупкости.

24. Упругие колебания

Степени свободы. Колебания систем с одной степенью свободы. Колебания свободные и вынужденные. Влияние сил сопротивления. Период и частота, круговая частота. Амплитуда колебаний. Резонанс колебаний. Собственные колебания системы с двумя и более степенями свободы. Учет влияния массы несущей системы коэффициентом приведения. Понятие о крутильных колебаниях. Критическая скорость вала с одним или несколькими дисками. Приближенная формула для нахождения частоты колебаний по статическим прогибам (метод последовательных приближений). Краткие сведения о способах регистрации быстропротекающих процессов. Применение шлейфового и катодного осциллографов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современные проблемы определения усилий, напряжений и расчеты на прочность, жесткость, устойчивость и колебания. Вопросы надежности и долговечности. Статическая оценка несущей способности. Использование новых материалов. Вопросы прочности полимеров. Прочность металлов при динамической нагрузке. Вопросы пластичности при больших деформациях в связи с технологическими процессами. Определение предельных состояний и несущей способности конструкций. Ползучесть и релаксация. Пластичность и прочность металлов при высоких и низких температурах и нейтронном облучении. Вопросы

устойчивости элементов конструкций. Новые направления в расчетах на прочность в связи с применением электронно-вычислительных машин. Новые экспериментальные методы исследования напряжений и деформаций.

Работы отечественных и зарубежных ученых в области сопротивления материалов, теории упругости, пластичности и ползучести механики разрушения, теории колебаний и удара. Пути развития науки о прочности материалов.

Разделы дисциплины и виды занятий и работ
Таблица 2

№ пп	Раздел дисциплины	Л	ЛР	ПЗ	РГР	С2
1	2	3	4	5	6	7
1.	Задачи, цель и предмет курса сопротивления материалов, его значение для инженерного образования. Экспериментальные основы. Деформируемость, изотропность, однородность. Внешние силы, их классификация. Реальная конструкция и ее расчетная схема. Внутренние силы. Метод сечений. Напряжения, деформации и перемещения.	*		*	*	
2.	Центральное растяжение и сжатие. Продольные силы и их эпюры. Напряжения в поперечных и наклонных сечениях. Продольные и поперечные деформации. Закон Гука. Строение, теоретическая и реальная прочность твердых тел. Два основных типа разрушения. Концентрация напряжений.	*	*	*	*	
3.	Испытания материалов на растяжение и сжатие. Диаграммы растяжения и сжатия. Коэффициент запаса. Расчеты на прочность. Метод допускаемых напряжений. Метод допускаемых нагрузок. Метод предельных состояний. Проверка условий прочности, подбор сечений, определение допускаемой нагрузки.	*	*	*		
4.	Статически неопределимые задачи при растяжении и сжатии. Метод сравнения перемещений. Температурные и монтажные усилия. Расчет статически неопределимых систем из пластичных материалов по разрушающим нагрузкам.	*		*	*	
5.	Теория напряженного состояния. Виды напряженного состояния. Плоское напряженное состояние. Главные напряжения и главные площадки. Экстремальные касательные напряжения.	*		*		
6.	Понятие об объемном напряженном состоянии. Обобщенный закон Гука. Объемная деформация. Потенциальная энергия деформации.	*		*		

№ пп	Раздел дисциплины	Л	ЛР	ПЗ	РГР	С2
7.	Чистый сдвиг. Деформация при сдвиге. Закон Гука. Объемная деформация и потенциальная энергия при чистом сдвиге. Зависимость между модулями упругости G и E . Практический расчет соединений, работающих на сдвиг.	*		*		
8.	Геометрические характеристики плоских сечений стержней. Моменты инерции плоских сечений. Изменение моментов инерции при преобразовании прямоугольных координат.	*		*	*	*
9.	Главные оси и главные моменты инерции. Вычисление моментов инерции сложных фигур. Момент сопротивления и радиус инерции. Графическое представление моментов инерции.	*		*	*	*
10.	Кручение. Вычисление крутящих моментов и построение их эпюр. Напряжения и деформации стержня круглого поперечного сечения. Анализ напряженного состояния при кручении. Расчет стержня круглого поперечного сечения на прочность и жесткость при кручении. Кручение стержня прямоугольного сечения.	*	*	*	*	
11.	Прямой изгиб. Типы балок и опорных связей. Определение опорных реакций. Внутренние силовые факторы. Дифференциальные уравнения равновесия элементов бруса. Построение эпюр изгибающих моментов и поперечных сил.	*	*	*	*	*
12.	Использование дифференциальных уравнений при построении и проверке эпюр изгибающих моментов и поперечных сил. Построение эпюр для рам.			*	*	
13.	Чистый изгиб. Определение нормальных напряжений. Проверка прочности балок. Подбор сечений. Рациональная форма сечения балки.	*		*	*	
14.	Поперечный изгиб. Определение касательных напряжений. Анализ напряженного состояния. Главные напряжения и их траектории при поперечном изгибе.	*		*	*	
15.	Определение перемещения в балках при изгибе. Дифференциальное уравнение оси изогнутого бруса, его интегрирование и определение постоянных. Примеры определения перемещений.	*		*	*	*

№ пп	Раздел дисциплины	Л	ЛР	ПЗ	РГР	С2
16.	Определение перемещений в балках методом начальных параметров. Универсальное уравнение упругой линии балки. Определение начальных параметров. Расчет простейших статически неопределимых балок с применением метода начальных параметров.	*		*		*
17.	Расчет балок на упругом основании. Модели упругого основания. Дифференциальное уравнение оси балки на Винклеровском основании. Расчет бесконечной и полу бесконечной балки на упругом Винклеровском основании.	*				*
18.	Расчет балок конечной длины на Винклеровском основании. Функции Крылова. Решение однородного уравнения методом начальных параметров.	*				
19.	Частные решения дифференциального уравнения оси балки на Винклеровском основании для наиболее распространенных видов нагрузок. Общее решение неоднородных уравнений.	*		*		
20.	Порядок и пример расчета балки конечной длины на упругом основании методом начальных параметров.	*		*	*	
21.	Критерии прочности и пластичности. Их назначение. Понятие об эквивалентном напряжении. Критерии наибольших нормальных напряжений и наибольших удлинений.	*				
22.	Критерий наибольших касательных напряжений и энергетический критерий.	*		*	*	
23.	Теория прочности Мора. Общие сведения о новых теориях.					
24.	Сложное сопротивление. Принцип независимости действия сил. Сложный и кривой изгиб. Определение нормальных напряжений и положение нейтральной линии. Подбор сечения. Перемещение при кривой изгибе.	*	*	*	*	

№ пп	Раздел дисциплины	Л	ЛР	ПЗ	РГР	С2
25.	Изгиб с растяжением (сжатием) жестких стержней. Определение нормальных напряжений. Подбор сечения. Внецентренное действие продольной силы. Определение положения нейтральной линии. Ядро сечения.	*		*	*	
26.	Изгиб с кручением стержней круглого поперечного сечения. Результирующий изгибающий момент. Приведенные моменты по различным гипотезам прочности. Подбор сечений. Учет продольных сил.	*		*	*	
27.	Кривой брус. Усилия. Построение эпюр. Изгиб кривого бруса. Определение положения нейтральной оси. Напряжения при действии продольной силы и изгибающего момента.					
28.	Продольный изгиб гибких стержней. Понятие об устойчивых и неустойчивых формах равновесия. Формула Эйлера для определения критической силы сжатого стержня. Влияние условий закрепления концов стержня на величину критической силы.	*	*	*		*
29.	Пределы применимости формулы Эйлера. Формула Ясинского. Полный график критических напряжений. Коэффициент снижения основного допускаемого напряжения при продольном изгибе.	*	*	*	*	
30.	Практический расчет сжатых стержней на устойчивость. Подбор сечения. О выборе материала и рациональных форм поперечных сечений для сжатых стержней. Особенности расчета составных стоек.	*		*	*	
31.	Динамическое действие нагрузки. Основные понятия. Динамический коэффициент. Ударное действие нагрузок на упругую систему.	*		*	*	
32.	Сопротивление материалов действию повторно-переменных напряжений. Переменные напряжения. Явление усталости материалов. Методы определения предела выносливости. Расчет на прочность при переменных напряжениях.	*		*	*	

5. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

5.1. Порядок выполнения лабораторных работ.

1. К лабораторным работам студенты допускаются после опроса по содержанию предстоящей лабораторной работы.

2. Все наблюдения, записи и расчеты вносятся в журнал во время выполнения лабораторной работы,

3. Отчет о выполненной работе, как правило, должен полностью заканчиваться в лаборатории.

4. Для получения зачета отчет подлежит защите. Перечень контрольных вопросов приведен в журнале,

5. Для защиты отчетов студент должен показать знание основ теории, понимание физической сущности изученных в лаборатории явлений, показать, что он знаком с устройствам испытательных машин и приборов, а также с постановкой лабораторных работ.

Правила оформления расчетов приведены в журнале лабораторных работ

5.2 Краткие характеристики лабораторных работ по сопротивлению материалов.

Лабораторная работа

ИСПЫТАНИЕ МЕТАЛЛОВ НА РАСТЯЖЕНИЕ

Задание: Изучить поведение материала при растяжении до разрушения, получить диаграмму растяжения и установить основные механические характеристики материала образца.

Исполнение: Самым распространенным видом испытания материалов является испытание на растяжение, так как при нем наиболее ярко выявляются характеристики прочности и пластичности материалов. При определении качества материала, выпускаемого металлургической промышленностью, одним из основных видов испытания также принято испытание на растяжение.

Перед испытанием ознакомиться с устройством машины, на которой будут проводиться испытания, и в журнале наблюдений записать тип машины, цену деления шкалы силоизмерительного устройства, масштаб записи диаграммы по нагрузке и деформации. Измерить диаметр образца и расчетную длину l_0 , отмеченную на образце рисками. Закрепить образец в захватах машины или в реверсоре (при проведении испытания на прессе).

При испытании на растяжение образец должен быть закреплен в захватах машины таким образом, чтобы не возникали перекосы и прилагаемая нагрузка действовала по продольной оси образца. Затем образец подвергают принудительному удлинению путем перемещения одного из захватов машины. Перемещение захвата производится плавно и непрерывно с небольшой скоростью (не более 20 мм/мин). При несоблюдении этих условий результаты испытания окажутся неверными.

Оснастка: Для проведения испытаний на растяжение можно использовать универсальные испытательные машины УМ-5, УМ-20 или современную испытательную машину МИРИ-К с гидравлическим приводом, имеющую диаграммный аппарат для регистрации результатов испытаний с возможностью электронной обработки результатов.

Оценка: В лабораторной работе определяют следующие основные механические характеристики материалов:

- предел пропорциональности $\sigma_{\text{пц}}$ — наибольшее напряжение, до которого справедлив закон Гука;
- предел упругости σ_y — наибольшее напряжение, при котором в образце не возникает остаточных деформаций;
- предел текучести σ_T — напряжение, при котором происходит рост пластической деформации без заметного увеличения нагрузки;
- предел прочности $\sigma_{\text{пч}}$ — наибольшее условное напряжение, которое определяется делением максимальной нагрузки, выдержанной образцом до разрушения, на первоначальную площадь его поперечного сечения;
- относительное остаточное удлинение при разрыве δ — величина, характеризующая пластичность материала, определяется отношением остаточного удлинения образца к его первоначальной длине;
- относительное остаточное сужение ψ — также характеризует пластичность материала. Оно определяется отношением изменения площади поперечного сечения образца в месте разрыва к первоначальной площади поперечного сечения.

Результаты испытания образца на растяжение представляются диаграммой, выражающей зависимость удлинения от нагрузки. Диаграмма растяжения дает возможность определить пределы текучести, прочности и относительное удлинение. Эти характеристики имеют большое значение как при выборе материала для элементов конструкции, так и при расчете их на прочность.

Время выполнения работы: - 2 часа

Лабораторная работа

ИСПЫТАНИЕ НА СЖАТИЕ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ.

Задание: Ознакомиться с методами испытания материалов на сжатие, определить механические характеристики пластических и хрупких материалов при сжатии.

При испытании на сжатие пластических материалов (мягкой стали) из-за сильной деформации (сплющивания) удастся определить лишь предел текучести; практически образец не может быть разрушен, поэтому для пластических материалов не существует предела прочности при сжатии. Хрупкие материалы (чугун, камень, бетон и др.) разрушаются при сжатии, выдерживая при этом значительно большие напряжения, чем при растяжении. Для этих материалов предел прочности при испытании на сжатие имеет большое практическое значение, так как обычно детали из хрупких материалов в реальных конструкциях работают на сжатие. прочность дерева вдоль и поперек волокон и представляет особый интерес вследствие того, что прочность этого материала, имеющего волокнистую структуру, неодинакова вдоль и поперек волокон (анизотропный материал).

Исполнение: Перед началом испытания в журнале наблюдений записать тип испытательной машины; цену деления шкалы силоизмерительного устройства. В журнале показать форму и записать размеры образцов. Установить образец между опорными плитами машины. Проверить работу диаграммного аппарата, поворачивая барабан вхолостую, получить «нулевую линию». Включить электродвигатель испытательной машины и наблюдать за процессом сжатия образца. по диаграмме сжатия.

Первоначальный участок диаграммы сжатия для пластичных материалов представляет собой прямую линию, отражающую прямую пропорциональность между нагрузкой и деформацией (закон Гука). При дальнейшем сжатии образец деформируется без значительного увеличения нагрузки (материал «течет»). Текучесть при сжатии коротких образцов выявляется не очень отчетливо, поэтому при испытании необходимо особенно внимательно следить за стрелкой силоизмерителя, чтобы не пропустить момента возникновения текучести. Затем нагрузка начинает вновь возрастать, образец непрерывно сжимается, поперечное сечение его увеличивается — образец сплющивается.

При достижении нагрузки, близкой к предельной для данной испытательной машины, необходимо выключить электродвигатель во избежание поломки частей машины и произвести разгрузку образца. Вычислить предел текучести при сжатии.

Оснастка: Испытание на сжатие проводят на гидравлическом прессе ПГ-100, или на современном гидравлическом прессе с электронной обработкой результатов испытания ИПэ -1000. Предельные нагрузки в них достигают 100 т.(1000 кН).

Оценка: Результаты испытания образца на сжатие представляются диаграммой, выражающей зависимость удлинения от нагрузки. По диаграмме сжатия определяются прочностные и деформационные характеристики материалов. Эти характеристики имеют большое значение как при выборе материала для элементов конструкции, так и при расчете их на прочность. Отчет о проделанной работе содержит эскиз образца из пластичного материала до и после нагружения, вычисление предела текучести, диаграмму сжатия стали; эскиз образца из чугуна до и после деформации, вычисление предела прочности чугуна на сжатие, диаграмму сжатия чугуна; эскизы образцов деревянных кубиков до и после разрушения; вычисления пределов прочности дерева вдоль и поперек волокон

Время выполнения работы: - 2 часа

Лабораторная работа

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОДУЛЯ ПРОДОЛЬНОЙ УПРУГОСТИ И КОЭФФИЦИЕНТА ПУАССОНА

Задание: Проверить закон Гука и определить величину модуля продольной упругости E . Определить величину коэффициента поперечной деформации (коэффициента Пуассона).

Исполнение: Порядок проведения испытания. Перед началом работы ознакомиться с устройством испытательной машины и принципом действия тензометров; в журнал наблюдений записать цену деления шкалы силоизмерительного устройства, коэффициент увеличения тензометров, базу тензометра и размеры поперечного сечения образца.

Определить величину степени нагружения.

Оснастка: Для проведения испытаний на растяжение можно использовать универсальные испытательные машины УМ-5, УМ-20 или современную испытательную машину МИРИ-К с гидравлическим приводом, имеющую диаграммный аппарат для регистрации результатов испытаний с возможностью электронной обработки результатов.

Модуль упругости определяют при упругих деформациях, величина которых незначительна. Для их измерения применяют тензорезисторы или тензометры. При испытании их устанавливают непосредственно на образце (тем самым исключается влияние деформации элементов самой испытательной машины).

Оценка: Отчет о проделанной работе содержит схему установки тензометров на образце; таблицу с результатами измерений; вычисление модуля упругости и вычисление коэффициента Пуассона.

Время выполнения работы: - 2 часа

Лабораторная работа

ИСПЫТАНИЕ МАТЕРИАЛОВ НА СРЕЗ И СКАЛЫВАНИЕ.

Задание: Произвести сравнительную оценку характера разрушения различных материалов. Определить нормальные и касательные напряжения при разрушении.

Исполнение: Перед началом работы ознакомиться с устройством испытательной машины и принципом действия приспособлений для испытания на срез. В журнал записать тип испытательной машины. Определить величину ступени нагружения. Зарисовать и измерить размеры образцов круглого поперечного сечения.

Оснастка: Для проведения испытаний на срез используются универсальные испытательные машины типа УМ-5, МИРИ-К. Образцы для испытания на срез устанавливаются в специальные устройства и приспособления.

Оценка: Результаты испытания образцов на срез представляются вычисленными значениями предела прочности при срезе $\tau_{\text{пч ср}}$. Эти результаты необходимо сравнить с пределом прочности при растяжении $\sigma_{\text{пч}}$.

Время выполнения работы: - 2 часа

Лабораторная работа

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОДУЛЯ УПРУГОСТИ ВТОРОГО РОДА.

Задание: Проверить закон Гука при кручении и определить величину модуля упругости второго рода G . Определить величину коэффициента поперечной деформации (коэффициента Пуассона).

Исполнение: Порядок проведения испытания. Перед началом работы ознакомиться с устройством и принципом действия испытательной установки. Установить величину ступени нагружения, В журнал наблюдений записать значения крутящего момента и показания индикатора.

Оснастка: Для проведения испытаний по определению модуля упругости второго рода используется установка, имеющая приспособление для поворота одного из концов испытываемого стержня. Измерение углов поворота сечений образца производят при помощи угломеров (угломер Боярышникова или зеркальный угломер Мартенса).

Оценка: Модуль упругости второго рода определяют при упругих деформациях, величина которых незначительна. Отчет о проделанной работе содержит схему установки, таблицу с результатами измерений и вычисление модуля упругости на основе экспериментальных данных.

Время выполнения работы: - 2 часа

Лабораторная работа

ИСПЫТАНИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБРАЗЦОВ НА КРУЧЕНИЕ ДО РАЗРУШЕНИЯ.

Задание: Определить предел прочности материала при кручении и выявить характер разрушения образца.

Исполнение: Порядок проведения испытания. Перед началом работы ознакомиться с устройством и принципом действия испытательной машины. В

журнале для наблюдений отметить тип машины, цену деления шкалы силоизмерительного устройства и шкалы для измерения угла закручивания.

Измерить диаметры образцов из различных материалов. Подготовить диаграммный аппарат к работе, закрепив на нем бумагу. Закрепить в захватах машины стальной образец, при этом проследить за надежностью закрепления головок образца в захватах, чтобы не было проскальзывания. Включив электродвигатель (или вручную), довести образец до разрушения. Разрушение происходит без образования шейки и бесшумно. По соответствующим шкалам машины зафиксировать наибольший момент и величину угла закручивания. Процесс деформации образца при кручении наглядно отражает диаграмма зависимости угла закручивания φ от крутящего момента M_k .

Оснастка: Для проведения испытаний на кручение применяют специальную машину КМ-50. Испытание на кручение можно проводить и на других испытательных машинах, имеющих приспособление для поворота одного из захватов машины. Для измерения величины скручивающего момента машина должна быть снабжена силоизмерительным устройством.

Оценка: Вычислить условный предел прочности, по характеру поломки определить причину разрушения, по величине угла закручивания, при котором произошло разрушение, определить пластические характеристики материала.

Время выполнения работы: - 2 часа

Лабораторная работа

ИССЛЕДОВАНИЕ ЖЕСТКОСТИ БАЛКИ ПРИ ИЗГИБЕ.

Задание: Проверить опытным путем результаты теоретических вычислений прогибов и положения изогнутой оси в однопролетной балке.

Исполнение: Каждый студент теоретически вычисляет перемещение только одного сечения балки, и полученный результат заносит в таблицу результатов. Перемещения остальных сечений вычисляются другими студентами группы и также заносятся в таблицу. По результатам расчета строится изогнутая ось балки и сравнивается с эпюрой прогибов полученной опытным путем.

Оснастка: Для проведения испытаний используется специальная установка, грузы и индикатор часового типа.

Оценка: Построение изогнутой оси балки на основании проведенных опытных наблюдений и сравнение их с теоретическими результатами.

Время выполнения работы: - 2 часа

Лабораторная работа

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕАКЦИИ ЛИШНЕЙ СВЯЗИ

Задание: Проверить опытным путем результаты расчета статически неопределимой балки методом сил.

Исполнение: Лабораторная работа выполняется коллективным методом. Каждый студент теоретически вычисляет значения реакции «лишней» связи для одного из значений параметра расчетной схемы балки. Все полученные результаты заносятся в таблицу, строятся графики и делаются выводы. Экспериментальная проверка осуществляется после выполнения всех расчетов.

Оснастка: Для проведения испытаний используется специальная установка, грузы и индикатор часового типа.

Оценка: В результате выполнения лабораторной работы оценивается влияние величины и места приложения нагрузки и конструктивных параметров на величину лишней связи в статически неопределимой балке.

Время выполнения работы: - 2 часа

Лабораторная работа

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В ПОПЕРЕЧНОМ СЕЧЕНИИ БАЛКИ ПРИ ПРЯМОМ ИЗГИБЕ

Задание: Определить опытным путем нормальные напряжения в различных точках поперечного сечения балки. Сравнить величины напряжений, полученных опытным путем со значениями по теоретическим формулам.

Исполнение: Осуществляется нагружение и разгрузка балки с контролем величины нагрузки. Регистрируются напряжения в пяти точках по высоте балки с помощью тензодатчиков и цифрового тензометрического моста типа ЦТМ-5. Сравняется экспериментально полученная эпюра напряжений с теоретической.

Оснастка: Испытательные машины: УМ-5, ГМС-20, ИПэ 1000. или другие машины, пригодные для испытания на сжатие, установив на них специальные опоры и нажимное устройство. Для измерения деформации можно применить механические тензометры или проволоочные датчики сопротивления

Оценка: В результате выполнения лабораторной работы строится эпюра нормальных напряжений по высоте сечения балки.

Время выполнения работы: - 2 часа

Лабораторная работа

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ПРИ КОСОМ ИЗГИБЕ

Задание: Проверить опытным путем правильность теоретического определения величины и направления перемещений консольной балки при косом изгибе.

Исполнение: Осуществляется нагружение консольной балки при установленном угле поворота прямоугольного либо уголкового сечения с контролем величины нагрузки. Регистрируются перемещения конца балки с помощью пишущего острья, закрепленного на свободном конце балки. Сравняются величина и направление прогиба, полученные экспериментальным путем с теоретическими значениями.

Оснастка: Используется настольная установка для испытания консольной балки на косою изгиб. Перемещения фиксируются с помощью карандаша на миллиметровом экране.

Оценка: В результате выполнения лабораторной работы строится эпюра перемещений свободного конца консольной балки.

Время выполнения работы: - 2 часа.

Лабораторная работа

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ВНЕЦЕНТРЕННОМ РАСТЯЖЕНИИ

Задание: Определить опытным путем нормальные напряжения в различных точках поперечного сечения растягиваемого стержня прямоугольного сечения. Сравнить величины напряжений, полученных опытным путем со значениями по теоретическим формулам.

Исполнение: Осуществляется нагружение и разгрузка внецентренно нагруженного стержня с контролем величины нагрузки. С помощью рычажных тензометров регистрируются напряжения в двух наиболее удаленных от главной оси сечения точках. Сравняется экспериментально полученная эпюра напряжений с теоретической.

Оснастка: Испытательные машины: УМ-5, ГМС-20, ИПэ 1000. или другие машины, пригодные для испытания на растяжение. Для измерения деформации можно применить механические тензометры или проволочные датчики сопротивления

Оценка: В результате выполнения лабораторной работы строится эпюра нормальных напряжений по высоте сечения балки.

Время выполнения работы: - 2 часа

Лабораторная работа

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКОЙ СИЛЫ ДЛЯ ПРЯМОУГОЛЬНОГО СТЕРЖНЯ, ИСПЫТЫВАЮЩЕГО ПРОДОЛЬНЫЙ ИЗГИБ В УПРУГОЙ СТАДИИ

Задание: Определить опытным путем величину критической силы стержня прямоугольного сечения. Сравнить величину критической силы, полученной опытным путем со значением по теоретической формуле Эйлера.

Исполнение: Осуществляется нагружение сжимаемого стержня до момента потери им устойчивости с контролем величины нагрузки. Регистрируется величина критической силы. Сравняется экспериментально полученная величина критической силы с теоретической.

Оснастка: Настольная установка рычажного типа для нагружения стержня центрально приложенной сжимающей силой. Критическая сила определяется по весу груза, приложенного к рычагу нагружения.

Оценка: В результате выполнения лабораторной работы определяется величина критической силы.

Время выполнения работы: - 2 часа.

Лабораторная работа

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В ПОПЕРЕЧНОМ СЕЧЕНИИ БРУСА БОЛЬШОЙ КРИВИЗНЫ

Задание: Определить опытным путем нормальные напряжения в различных точках поперечного сечения растягиваемого кривого стержня прямоугольного сечения. Сравнить величины напряжений, полученных опытным путем со значениями по теоретическим формулам.

Исполнение: Осуществляется нагружение и разгрузка кривого бруса с контролем величины нагрузки. Регистрируются напряжения в двух наиболее удаленных от главной оси сечения точках с помощью рычажных тензометров. Сравняется экспериментально полученная эпюра напряжений с теоретической.

Оснастка: Испытательные машины: УМ-5, ГМС-20, ИПэ 1000 или другие машины, пригодные для испытания на растяжение. Для измерения деформации можно применить механические тензометры или проволочные датчики сопротивления

Оценка: В результате выполнения лабораторной работы строится эпюра нормальных напряжений по высоте сечения бруса большой кривизны.

Время выполнения работы: - 2 часа.

Таблица 3

Тематический план лабораторных работ

№ пп	№ раздела по варианту содержания	Наименование лабораторной работы
1	2	3
1	3	Знакомство с лабораторией кафедры. Методы и приборы. Инструкция по технике безопасности. Журнал лабораторных работ. Испытание на растяжение мягкой стали и чугуна с установлением допускаемых напряжений.
2	3	Растяжение стальной полосы в упругой области с измерением продольных и поперечных деформаций.
3	3	Испытание на сжатие хрупких и пластичных материалов.
4	7	Испытание древесины на сжатие, срез и скалывание.
5	15	Испытание двутавровой балки на изгиб.
6	15	Определение перемещений при изгибе на модели балки.
7	15	Определение перемещений балки с помощью ПЭВМ.
8	16	Определение реакций в лишних связях статически неопределимой балки на модели и с помощью ПЭВМ.
9	17	Моделирование на ПЭВМ напряженно-деформированного состояния балки на упругом Винклеровском основании.
10	23	Определение перемещений при косом изгибе балок прямоугольного и уголкового поперечных сечений. Определение перемещений при внецентренном растяжении.
11	26	Испытание прямолинейного стержня на продольный изгиб.
12	26	Моделирование поведения сжатого стержня на ПЭВМ.

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

На практических занятиях начинают понимать неразрывную связь всех частей курса, без знания которых невозможно выполнить элементарный расчет. Цель практических занятий - способствовать хорошему усвоению студентами изучаемой дисциплины, развитие у будущих специалистов умения активно использовать полученные теоретические знания при проектировании сооружений. Самостоятельная работа приучает студентов пользоваться технической и справочной литературой, что очень важно для последующего изучения

специальных дисциплин. Практические занятия проводятся в аудитории кафедры с использованием при необходимости технических средств обучения

На практические занятия студентам отводится 34 часа (17 практических занятий):

1-ое практическое занятие.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПОРНЫХ РЕАКЦИЙ В СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМЫХ СИСТЕМАХ

Задание: Определить опорные реакции в балках.

Исполнение: Используя уравнения равновесия, известные из статики определяются опорные реакции в реальных конструкциях.

Оснастка: плакаты, калькулятор.

Оценка: По результатам выполненных расчетов студенты получают численные значения вычисленных реакций.

Время выполнения работы - 2 часа.

2-ое практическое занятие.

МЕТОД СЕЧЕНИЙ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОДОЛЬНЫХ СИЛ В ШАРНИРНО-СТЕРЖНЕВЫХ СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМЫХ СИСТЕМАХ И В СТЕРЖНЯХ С ОСЕВОЙ НАГРУЗКОЙ. ПОСТРОЕНИЕ ЭПЮР ПРОДОЛЬНЫХ СИЛ.

Задание: Определить величину продольной силы в шарнирно-стержневой системе. Определить величину продольной силы на каждом участке стержня с осевым нагружением.

Исполнение: С помощью метода сечений определяют продольные силы в статически определимых системах, строят эпюру у продольных сил.

Оснастка: плакаты, калькулятор.

Оценка: По результатам выполненных расчетов студенты получают численные значения продольных сил, строят эпюру продольных сил по длине стержня.

Время выполнения работы – 2 часа.

3-ье практическое занятие.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРУТЯЩИХ МОМЕНТОВ В СЕЧЕНИЯХ ВАЛА, ПОСТРОЕНИЕ ЭПЮР КРУТЯЩИХ МОМЕНТОВ. ПОСТРОЕНИЕ ЭПЮР ИЗГИБАЮЩИХ МОМЕНТОВ И ПОПЕРЕЧНЫХ СИЛ В СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМЫХ БАЛКАХ.

Задание: Определить величину крутящего момента на каждом участке вала. Построить эпюры внутренних сил в балках.

Исполнение: С помощью метода сечений определяют крутящие моменты в сечениях вала, строят эпюру крутящих моментов, производят построение эпюр изгибающих моментов и поперечных сил в статически определимых балках.

Оснастка: плакаты, калькулятор.

Оценка: По результатам выполненных расчетов студенты получают численные значения крутящих моментов, строят эпюру крутящих моментов по длине вала, вычерчивают эпюры внутренних сил в балках.

Время выполнения работы – 2 часа.

4-ое практическое занятие.

ПОСТРОЕНИЕ ЭПЮР ИЗГИБАЮЩИХ МОМЕНТОВ, ПОПЕРЕЧНЫХ СИЛ И ПРОДОЛЬНЫХ СИЛ В СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМЫХ РАМАХ

Задание: Построить эпюры внутренних сил в рамах.

Исполнение: С помощью метода сечений производят построение эпюр изгибающих моментов, поперечных и продольных сил в статически определимых рамах.

Оснастка: плакаты, калькулятор.

Оценка: По результатам выполненных расчетов студенты вычерчивают эпюры внутренних сил в рамах.

Время выполнения работы – 2 часа.

5-ое практическое занятие.

РАСЧЕТЫ НА ПРОЧНОСТЬ И ЖЕСТКОСТЬ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ (СЖАТИИ).

Задание: Проверить прочность или подобрать сечение элементов, работающих на осевое действие нагрузки. Определить перемещение сечений стержня.

Исполнение: С помощью условия прочности и жесткости производят расчет сечения элемента, работающего на растяжение (сжатие), определяют перемещение сечений.

Оснастка: калькулятор.

Оценка: По результатам выполненных расчетов студенты назначают размеры поперечных сечений элементов, определяют допустимое значение нагрузки, строят эпюру перемещений.

Время выполнения работы – 2 часа.

6-ое практическое занятие.

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛОСКИХ СЕЧЕНИЙ.

Задание: Определить центр тяжести составного сечения, положение главных центральных осей, величины главных центральных моментов инерции.

Исполнение: Зная геометрические характеристики простейших составляющих сложного сечения, производят расчет геометрических характеристик составного сечения.

Оснастка: плакаты, калькулятор.

Оценка: По результатам выполненных расчетов студенты вычерчивают положение главных центральных осей сечения, вычисляют величины главных центральных моментов инерции.

Время выполнения работы – 2 часа.

7-ое практическое занятие.

РАСЧЕТЫ НА ПРОЧНОСТЬ И ЖЕСТКОСТЬ ПРИ КРУЧЕНИИ.

Задание: Проверить прочность или подобрать сечение вала сплошного и полого кругового сечения, определить углы закручивания сечений вала.

Исполнение: С помощью условия прочности и жесткости производят расчет сечения вала. определяют перемещение сечений. Производят расчет на прочность валов прямоугольного сечения.

Оснастка: калькулятор.

Оценка: По результатам выполненных расчетов студенты назначают размеры поперечных сечений вала, определяют допустимое значение внешнего скручивающего момента, строят эпюру углов закручивания.

Время выполнения работы – 2 часа.

8-ое практическое занятие.

РАСЧЕТЫ НА ПРОЧНОСТЬ ПРИ ИЗГИБЕ

Задание: Проверить прочность или подобрать сечение элементов работающих на изгиб.

Исполнение: Производятся расчеты на прочность изгибаемых элементов на примере расчета балки. Используются дифференциальные зависимости между внутренними силовыми факторами и внешней распределенной нагрузкой. Записываются условия прочности для хрупких и пластичных материалов. Подбираются рациональные поперечные сечения балок. Производят проверку прочности по касательным и главным напряжениям.

Оснастка: наглядные пособия, калькулятор.

Оценка: По результатам выполненных расчетов студенты подбирают рациональные сечения балок, определяют допустимое значение параметра внешней нагрузки.

Время выполнения работы – 2 часа.

9-ое практическое занятие.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ. РАСЧЕТ НА ЖЕСТКОСТЬ ПРИ ИЗГИБЕ.

Задание: Проверить жесткость балки.

Исполнение: Определяется наибольший прогиб балки методом начальных параметров или методом Мора. Проверяется выполнение второго предельного состояния.

Оснастка: калькулятор.

Оценка: По результатам выполненных расчетов студенты определяют численное значение деформаций балки под нагрузкой, производят расчет на жесткость.

Время выполнения работы – 2 часа.

10-ое практическое занятие.

РАСЧЕТЫ НА ПРОЧНОСТЬ В УСЛОВИЯХ СЛОЖНОГО НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ. КОСОЙ ИЗГИБ.

Задание: Проверить прочность балки или определить размеры поперечного сечения либо величину допустимой нагрузки.

Исполнение: Определяются опасное сечение балки от изгиба в двух плоскостях, положение нулевой линии и опасные точки сечения. Производятся расчеты на прочность.

Оснастка: калькулятор.

Оценка: По результатам выполненных расчетов студенты определяют численное значение наибольших напряжений, строят эпюру нормальных напряжений в опасном сечении.

Время выполнения работы – 2 часа.

11-ое практическое занятие.

РАСЧЕТЫ НА ПРОЧНОСТЬ В УСЛОВИЯХ СЛОЖНОГО НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ. ВНЕЦЕНТРЕННОЕ СЖАТИЕ.

Задание: Проверить прочность стержня или определить размеры поперечного сечения либо величину допустимой нагрузки.

Исполнение: Определяются геометрические характеристики сечения стержня, положение нулевой линии и опасные точки сечения. Производятся расчеты на прочность.

Оснастка: калькулятор.

Оценка: По результатам выполненных расчетов студенты определяют численное значение наибольших напряжений, строят эпюру нормальных напряжений в опасном сечении.

Время выполнения работы – 2 часа.

12-ое практическое занятие.

РАСЧЕТЫ НА ПРОЧНОСТЬ В УСЛОВИЯХ СЛОЖНОГО НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ. ИЗГИБ С КРУЧЕНИЕМ, ОБЩИЙ СЛУЧАЙ СЛОЖНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ .

Задание: Проверить прочность стержня или определить размеры поперечного сечения либо допустимую величину параметра внешней нагрузки.

Исполнение: Определяются внутренние силовые факторы по длине стержня, опасные сечения. Производятся расчеты на прочность.

Оснастка: калькулятор.

Оценка: По результатам выполненных расчетов студенты строят эпюры изгибающих и крутящих моментов, а при необходимости и эпюру продольных сил, определяют численное значение наибольших напряжений, из условия прочности определяют размеры сечения стержня.

Время выполнения работы – 2 часа.

13-ое практическое занятие.

КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СООРУЖЕНИЙ. РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫХ СИСТЕМ МЕТОД СИЛ. ВЫПОЛНЕНИЕ РАСЧЕТОВ НА ПЭВМ (РАБОТА В КОМПЬЮТЕРНОМ КЛАССЕ).

Задание: Провести кинематический анализ сооружений. Построить эпюры M , Q , и N . С помощью программного комплекса для расчета сооружений выполнить расчет рамы с целью проверки выполненных расчетов.

Исполнение: Показать на примерах, что кинематический анализ является важным этапом расчета сооружения, Изучая методику анализа, надо объяснить важность правильного выбора расчетной схемы и правила образования простейших геометрически неизменяемых систем. В компьютерном зале выполняется расчет рамы. В основу программы расчета рамы заложен метод конечных элементов.

Оснастка: плакаты, наглядные пособия, калькулятор. Персональные компьютеры с программным комплексом.

Оценка: По результатам выполненных расчетов студенты вычерчивают расчетные схемы, определяют усилия в «лишних» связях, строят расчетные эпюры внутренних сил, делают кинематическую и статическую проверки, производят расчеты на прочность элементов заданной системы. На компьютере студенты получают ведомости расчетных усилий.

Время выполнения работы – 2 часа.

14-ое практическое занятие.

РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКИ ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ НАПРЯЖЕНИЯХ.

Задание: Подобрать размеры вала круглого поперечного сечения

Исполнение: Вычислить парциальные и общий коэффициент запаса усталостной прочности вала, добиться попадания его в нормативный интервал коэффициента запаса.

Оснастка: Таблицы, плакаты, калькулятор.

Оценка: Студенты вычисляют предел выносливости при симметричном и произвольном цикле нормальных и касательных напряжений, производят проверку усталостной прочности по коэффициенту запаса в условиях сложного напряженного состояния.

Время выполнения работы – 2 часа.

15-ое практическое занятие.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ СЖАТЫХ СТЕРЖНЕЙ.

Задание: Проверить устойчивость или подобрать сечение сжатого стержня.

Исполнение: На примерах определяется критическая сила по формуле Эйлера и формуле Ясинского. Выполняется расчет на устойчивость с помощью коэффициента снижения основных допускаемых напряжений.

Оснастка: плакаты, наглядные пособия, калькулятор.

Оценка: По результатам выполненных расчетов студенты определяют коэффициент запаса на устойчивость, подбирают сечение сжатого стержня.

Время выполнения работы – 2 часа.

16-ое практическое занятие.

РАСЧЕТЫ НА ПРОЧНОСТЬ ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ НАГРУЗОК. УДАР. КОЛЕБАНИЯ.

Задание: Проверить прочность элемента конструкции при ударном воздействии внешней нагрузки, при колебаниях.

Исполнение: Определяются значения динамических коэффициентов, производится расчет на прочность при продольном и поперечном ударе и ударе при кручении, а также при действии вибрационной нагрузки.

Оснастка: калькулятор.

Оценка: По результатам выполненных расчетов студент оценивает степень опасности динамического воздействия нагрузок по сравнению со статическим ее приложением.

Время выполнения работы – 2 часа.

17-ое практическое занятие.

РАСЧЕТ КРИВОГО БРУСА. РАСЧЕТЫ НА ПОЛЗУЧЕСТЬ.

Задание: Проверить прочность стержня большой кривизны. Расчеты на прочность с учетом фактора времени.

Исполнение: Определяются положение нейтрального слоя в сечении бруса большой кривизны, наибольшие напряжения в сжатой и растянутой зоне сечения. Расчет на изгиб в условиях ползучести.

Оснастка: Плакаты, таблицы, калькулятор.

Оценка: По результатам выполненных расчетов студент оценивает особенности работы бруса большой кривизны по сравнению с прямолинейным стержнем. Учет фактора времени воздействия нагрузки на вязкоупругие материалы приводит к необходимости введения ограничения срока службы элемента конструкции.

Время выполнения работы – 2 часа.

Тематический развернутый план практических занятий.

Таблица 4

№ пп	№ раздела по варианту содержания	Наименование практических занятий
1	2	3
1	2,3	Входной контроль. Центральное растяжение и сжатие. Определение продольной силы напряжений. Построение эпюр. Расчеты на прочность.
2	8,9	Геометрические характеристики плоских сечений.
3	10	Кручение. Расчеты на прочность и жесткость.
4	11,12	Изгиб. Построение эпюр M и Q в балках и эпюр M, Q, N в рамах.
5	13,14	Определение нормальных и касательных напряжений при поперечном изгибе.
6	13,14	Расчеты на прочность при изгибе.
7	16	Определение перемещений при изгибе: метод начальных параметров.
8	20	Расчет балок конечной длины на упругом Винклеровском основании методом начальных параметров.
9	23	Сложное сопротивление. Расчеты на прочность при сложном и косом изгибе.
10	24	расчеты на прочность при внецентренном растяжении и сжатии. Построение ядра сечения.
11	25	Расчеты на прочность и жесткость при кручении. Изгиб с кручением стержней круглого поперечного сечения.
12	27	Кривой брус. Изгиб. Построение эпюр. Нейтральная ось. Вычисление напряжений. Оценка влияния кривизны на величину напряжений в поперечном сечении бруса.
13	28-30	Продольный изгиб гибких стержней. Практический метод расчета сжатых стержней на устойчивость.
14	31	Динамическое действие нагрузок. Учет сил инерции, удар.

7. РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

7.1. Перечень и условия расчетно-графических работ

Проведение расчетов элементов конструкций на прочность, жесткость и устойчивость требует развития у студента определенного *навыка*, который в сочетании с необходимым уровнем знаний теоретического материала формирует умение решать конкретные инженерные задачи. При освоении процесса проектирования различных элементов машин и механизмов студенту необходим

творческий подход, который развивается только в проведении конкретного анализа работы конструкции под воздействием произвольного приложения внешней нагрузки. На основе такого анализа, проводимого студентом самостоятельно в каждом конкретном случае, он должен выявить наступление опасного состояния исследуемого объекта и обеспечить прочность, жесткость и устойчивость всей конструкции. Поэтому выполнение расчетно-графических работ формирует у студента самостоятельность инженерного мышления, что очень важно для последующего освоения специальных дисциплин. Самостоятельная работа приучает студентов пользоваться технической и справочной литературой. Изложенное выше доказательно подтверждает необходимость выполнения студентами расчетно-графических работ в процессе изучения всего курса сопротивления материалов.

Расчетно-графические работы выполняются с целью приобретения студентами практических навыков выполнения простых инженерных расчетов. Основные задачи, стоящие перед РГР заключаются в следующем:

Научить студента определять виды сопротивления и внутренние силовые факторы при любой силовой ситуации;

Получить навыки определения напряжений, деформаций и перемещений в случае простого и сложного сопротивлений;

Студент должен уметь выбрать рациональную форму сечения, обеспечивающую наименьшую материалоемкость; подобрать материал, обеспечивающий надежность работы конструкции, ее минимальную стоимость и вес; оценить и проанализировать результаты, полученные путем инженерных расчетов.

Расчетно-графическая работа (РГР) представляет собой индивидуальные задания по узловым разделам курса.

Примеры заданий на выполнение РГР приведены ниже.

Студенты выполняют расчетно-графические работы в третьем и четвертом семестрах.

Расчетно-графическая работа №1

Объем – 20 страниц формата А-4, время выполнения –30 часов.

РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ В УСЛОВИЯХ ПРОСТЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ.

Задача 1 (схема 1). Для ступенчатого стержня необходимо:

1. Построить эпюру продольных сил, на участках подобрать сечение из условия прочности по нормальным напряжениям, для материала стержня $[\sigma_p] \neq [\sigma_{сж}]$.
2. Определить перемещение сечения «к» и проверить условие жесткости: $W_k \leq [W_k]$, $E = 1.2 \cdot 10^5 \text{ Н / мм}^2$. Если условие жесткости не выполняется, то следует увеличить площадь поперечного сечения на каждом участке в «n» раз, где

$$n = \frac{W_k}{[W_k]} .$$

3. Построить эпюру нормальных напряжений по длине бруса.
4. Построить эпюру перемещений.

5. Вычислить нормальное и касательное напряжение в наклонном сечении 1-1.

Задача 2 (схема 10). Для шарнирно стержневой системы требуется:

1. Найти усилия в стержнях в долях от q .
2. Из условия прочности стержней определить допускаемую нагрузку на систему, для материала стержней $[\sigma_p] \neq [\sigma_{сж}]$, $F=a \cdot q$, $M=c^2 \cdot q$.
3. Определить перемещение точки «к», $E = 1,2 \cdot 10^5 \text{ Н/мм}^2$.

Задача 3 (схема 2). Для стального вала, имеющего круговое поперечное сечение (кольцевое и круглое сплошное) и нагруженного сосредоточенными моментами, требуется:

1. Построить эпюру крутящего момента.
2. Из условия прочности и жесткости определить размеры поперечных сечений для двух названных вариантов сечений $G=0,8 \cdot 10^5 \text{ Н/мм}^2$.
3. Построить эпюру касательных напряжений в сечениях вала.
4. Построить эпюру углов закручивания по длине вала для кольцевого сечения.
5. Выбрать рациональное сечение по критерию наименьшего веса.

Задачи 4,5 (схемы 11, 13). Для указанных сечений необходимо:

1. Определить положение главных центральных осей поперечного сечения.
2. Определить величину главных центральных моментов инерции.

Задачи 6, 7, 8 (схемы 3, 4, 9). Для балок и рамы построить эпюры внутренних сил.

Задача 9 (схема 5). Балка, нагруженная как показано на схеме, имеет поперечное сечение в виде прокатного двутавра. Требуется:

1. Построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов, установить расчетное сечение.
2. Подобрать сечение из условия прочности по нормальным, касательным и главным напряжениям, $\sigma = 160 \text{ МПа}$.
3. Для подобранного сечения построить эпюры нормальных, касательных и главных напряжений.

Задача 10 (схема 6). Для балки требуется:

1. Построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов, установить расчетное сечение.
2. Подобрать сечения балки в пяти вариантах:
 - двутавровое
 - прямоугольное
 - кольцевое
 - коробчатое
 - сплошное круговое

Выбрать наиболее рациональное сечение по наименьшему расходу материала.

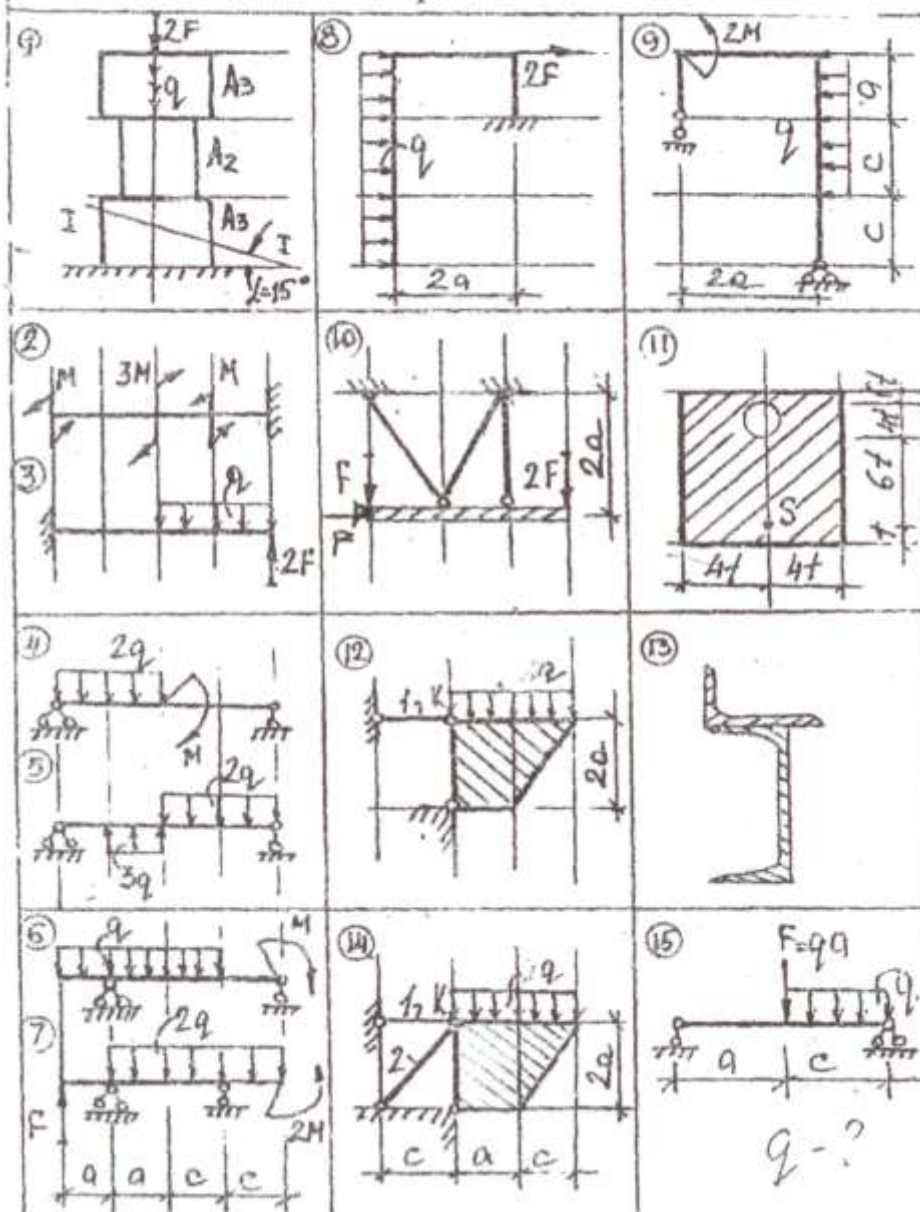
Задача 11 (схема 7). Балка нагружена как показано на схеме, имеет кольцевое поперечное сечение, α – отношение внутреннего диаметра к наружному. Требуется:

1. Построить эпюру изгибающих моментов, установить расчетное сечение.
2. Вычислить поперечные размеры балки из условия прочности и жесткости, $V_k \leq [V_k]$, $E = 2 \cdot 10^5$ МПа, $[\sigma] = 160$ МПа.
3. Назначить поперечные размеры балки кольцевого сечения из условия прочности и жесткости.
4. Определить угол поворота и вертикальные перемещения сечения «К», показать вид изогнутой оси балки.

Задача 12 (схема 15). Балка нагружена как показано на схеме, имеет сложное поперечное сечение. Вид поперечного сечения показан на схеме 11 (см. задачу 4). Требуется:

1. Построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов, установить расчетное сечение.
2. Записать условие прочности по нормальным напряжениям и определить допустимую нагрузку, $[\sigma_p] \neq [\sigma_{сж}]$.
3. Определить σ_{max} и σ_{min} в расчетном сечении, построить эпюру нормальных напряжений.
4. Определить нормальное напряжение в точке S.

Расчетно-графическая работа
по сопротивлению материалов №1
Вариант 2



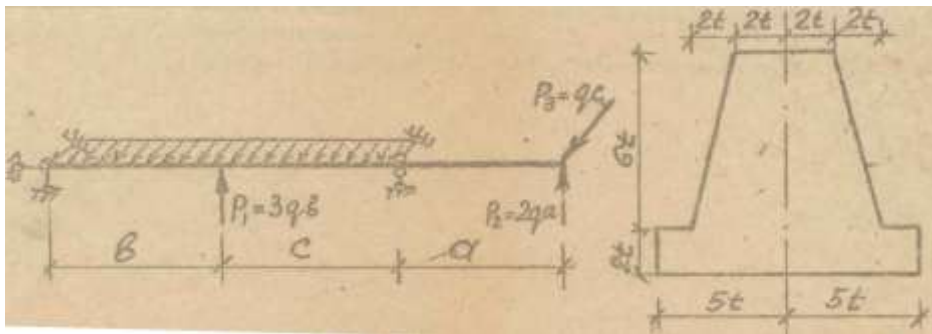
Расчетно-графическая работа №2

Объем –15 страниц формата А-4, время выполнения –21 час.

РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ В УСЛОВИЯХ СЛОЖНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ.

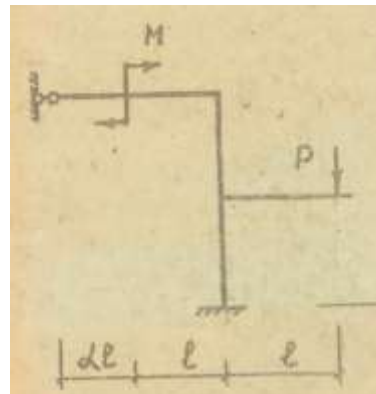
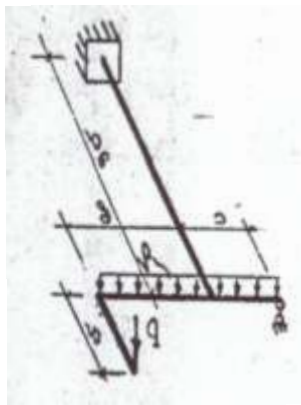
Задача 1. Стержень, имеющий сложное поперечное сечение, находится в условиях сложного напряженного состояния.

При $[\sigma]_{сж} \neq [\sigma]_{раст}$ определить допускаемое значение нагрузки.



Задача 2. Статически неопределимая рама имеет разные поперечные сечения по участкам. Требуется:

1. Построить расчетную эпюру моментов.
2. Подобрать сечение рамы в виде прямоугольника или круга на каждом участке, $[\sigma] = 160$ МПа. При необходимости воспользоваться 4 гипотезой прочности.



Задача 3. Вал редуктора выполнен из углеродистой стали и приводится во вращение шестерней 1. Зубчатые колеса закреплены на валу неподвижно с помощью шпонок. Определить нормализованное значение диаметра вала, обеспечивающее прочность, жесткость, выносливость и виброустойчивость.

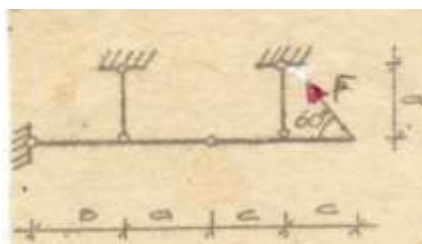
По условиям эксплуатации запас прочности по пределу текучести должен быть не меньше $[n]=1,5$, прогиб вала под шестерней не должен превышать $[\Delta]=0,2$ мм, а угол поворота на опоре $[\varphi]=0,01$ рад. Для вала нормативный коэффициент запаса выносливости в пределах $[n] = 1,4 - 2,5$, при этом нормальные напряжения меняются по симметричному циклу ($r_\sigma = -1$), а цикл

касательных напряжений задан условно с учетом режима эксплуатации вала коэффициентом асимметрии r_t .

Содержание задачи, методические указания к ее выполнению смотри: «Сопротивление материалов: методические указания к самостоятельной работе студентов механических специальностей по II части курса. Составители: Антоненц Р.Н., Потапова Л.Б., Чернова Т.П., Шарова О.Н. – Хабаровск: Изд-во ХПИ, 1992.- 49 с.

Задача 4. Расчет элементов комбинированной системы на прочность и устойчивость.

Требуется подобрать двутавровое сечение балки и определить диаметр круглого сечения стержней.



7.2. Общие указания к выполнению и оформлению расчетно-графических работ

Процесс численного решения должен сопровождаться краткими, последовательными пояснениями, аккуратными схемами и рисунками, выполненными в масштабе, с указанием размеров и других величин, необходимых для расчета.

При расчетах необходимо приводить расчетные формулы, затем подставлять числовые значения всех символов, входящих в формулу, соблюдая их последовательность, и показывать результат с обязательным обозначением его размерности. Полученные результаты нужно проанализировать и убедиться в их логичности.

Все расчеты, рисунки и чертежи нужно делать тщательно и аккуратно, так как досадные арифметические ошибки, приводящие к большой потере времени, возникают, главным образом, из-за небрежных записей и рисунков при выполнении расчетов.

Для самопроверки следует ответить на контрольные вопросы.

Расчетно-графическая работа оформляется по стандарту СТП СГЛУ 6.

1. 4. -97. Он предусматривает следующие структурные элементы:

- 1) титульный лист;
- 2) задание;
- 3) реферат;
- 4) содержание;
- 5) основная часть;
- 6) список использованных источников.

Пояснительная записка выполняется на листах бумаги формата А4 без рамки на одной стороне листа с полями: левое - не менее 30 мм, правое - не менее 10 мм, верхнее - не менее 15 мм, нижнее - не менее 20 мм.

Титульный лист оформляется чертежным шрифтом по ГОСТ 2.304 на листе формата А4 с рамкой. На обложке записывается номер работы, ее название, фамилия студента и номер группы.

Расчетные схемы, эпюры в пояснительной записке вычерчиваются карандашом; расчеты и пояснения пишутся чернилами.

Выполнение РГР связано с проведением большого объема вычислений, поглощающих значительное время. Сократить его затраты позволяют вычислительные программы, разработанные на кафедре. Наиболее удобны диалоговые программы для ПЭВМ.

8. КОНТРОЛЬ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ЗАОЧНИКОВ

Контроль самостоятельной работы студентов заочной формы обучения выполняется в соответствии с методическими указаниями, изданными на кафедре (авторы: Дойхен Ю.М., Лукашевич А.А. и Потапова Л.Б.)

9. РЕФЕРАТ

Студентам строительных специальностей с целью самостоятельной и углубленной проработки одного из разделов курса рефераты не выдаются, в связи с ограниченным объемом времени на изучение предмета.

10. ДОМАШНИЕ ЗАДАНИЯ

Дополнительно домашние задания студентам не выдаются. В учебных планах предусмотрены расчетно-графические работы. Подготовку к лекциям и практическим занятиям студенты могут выполнять по рекомендуемой методической литературе, где приведены теоретический материал, контрольные вопросы и задачи с ответами и решениями.

11. КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ

11.1. Тематика и вопросы входного и текущего контроля

Входной и текущий контроль знаний проводится по методическим указаниям, разработанным на кафедре:

1. Оценка качества знаний студентов. Методические указания по проведению входного контроля перед изучением курса «Сопротивление материалов». Составители: Иванников Л.М., Иовенко В.В., Лукашевич А.А. – Хабаровск, ТОГУ, 2006.
2. Контроль исходных и текущих знаний студентов по сопротивлению материалов: методические указания для студентов дневного, вечернего и заочного обучения. Составители: Иванников Л.М., Лукашевич А.А., Шестаков И.А. – Хабаровск: ХПИ, 1990г.
3. Контроль исходных и текущих знаний студентов по сопротивлению материалов: методические указания для студентов дневного, вечернего и заочного обучения. Составители: Иванников Л.М., Лукашевич А.А., Шестаков И.А. – Хабаровск: ХПИ, 1991г.

11.2. Вопросы выходного контроля (экзаменационные вопросы)

1. Задачи курса. Изучаемые объекты. Классификация сил.
2. Внешние и внутренние силы. Метод сечений. Примеры определения внутренних усилий.
3. Продольная сила (определение, правило знаков). Построение эпюры продольных сил. Пример.
4. Крутящий момент (определение, правило знаков). Построение эпюры крутящих моментов. Пример.
5. Поперечная сила, изгибающий момент (определение, правило знаков). Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов. Пример.
6. Дифференциальная зависимость между интенсивностью распределенной нагрузки, поперечной силой, изгибающим моментом. Контроль правильности построения эпюр M и Q . Пример.
7. Построение эпюр Q , M , N в рамах. Пример.
8. Ломаный стержень. Построение эпюр продольных и поперечных сил, крутящих и изгибающих моментов. Пример.
9. Упругость, пластичность. Основные гипотезы, используемые в курсе сопротивления материалов.
10. Понятие о напряжениях, деформациях, перемещениях. Связь между напряжениями и деформациями. (Закон Гука).
11. Определение напряжений в поперечном сечении стержня при осевом растяжении (сжатии). Условие прочности.
12. Осевое растяжение (сжатие). Определение напряжений в сечениях, наклонённых к оси стержня. Главные площадки, главные напряжения. Максимальные касательные и максимальные нормальные напряжения.
13. Механические свойства материалов, характеристики прочности и пластичности, испытание пластичных материалов при растяжении (сжатии).
14. Механические свойства материалов. Испытание хрупких материалов при растяжении и сжатии. Эпюры перемещений. Пример.
15. Определение допускаемых напряжений. Коэффициент запаса. Условие прочности при растяжении и сжатии. Расчеты на прочность.
16. Определение деформаций при растяжении и сжатии. Учет собственного веса. Условие жесткости. Расчеты на жесткость. Перемещения при растяжении (сжатии). Эпюры перемещений. Пример.
17. Плоское напряженное состояние. Определение напряжений, действующих в наклонных площадках, через главные напряжения. Максимальные касательные и максимальные нормальные напряжения.
18. Плоское напряженное состояние. Определение положения главных площадок и величины главных напряжений.
19. Чистый сдвиг. Связь между тремя упругими постоянными E , G и μ .
20. Объемное напряженное состояние. Обобщенный закон Гука.
21. Объемное напряженное состояние. Удельная потенциальная энергия и ее составляющие.
22. Гипотезы прочности, их значение. Четвертая гипотеза прочности.
23. Гипотезы прочности, их значение. Третья гипотеза прочности.
24. Гипотезы прочности, их значение. Гипотеза прочности Мора.

25. Определение напряжений в поперечном сечении при кручении стержня круглого поперечного сечения. Условие прочности.
26. Деформации при кручении. Условие жесткости. Расчеты на прочность и жесткость при кручении.
27. Кручение прямого бруса некруглого поперечного сечения. Напряжения, деформации.
28. Геометрические характеристики плоских сечений. Осевые, полярные, центробежные моменты инерции. Связь между моментами инерции относительно параллельных осей.
29. Изменение моментов инерции при повороте осей.
30. Главные оси. Главные моменты инерции. Определение положения главных осей, определение величины главных моментов инерции.
31. Определение нормальных напряжений при чистом изгибе балок.
32. Условие прочности по нормальным напряжениям при изгибе. Расчеты на прочность, рациональные сечения балок.
33. Определение касательных напряжений при поперечном изгибе балок прямоугольного сечения. Условие прочности по касательным напряжениям.
34. Касательные напряжения в поперечном сечении балок двутаврового поперечного сечения.
35. Проверка прочности при изгибе по главным напряжениям.
36. Дифференциальное уравнение изогнутой оси балки, его интегрирование. Смысл постоянных интегрирования.
37. Метод начальных параметров для определения перемещений при изгибе. Условия записи дифференциального уравнения и его интегрирования. Пример.
38. Косой изгиб. Определение напряжений. Нулевая линия.
39. Косой изгиб. Условие прочности. Подбор сечений. Определение перемещений.
40. Совместное действие изгиба и растяжения. Расчеты на прочность Подбор сечений.
41. Внецентренное сжатие (растяжение). Определение напряжений. Нулевая линия.
42. Внецентренное сжатие. Условие прочности для пластичных и хрупких металлов.
43. Ядро сечения. Примеры построения ядра сечения .
44. Изгиб с кручением. Определение внутренних силовых факторов. Эпюры крутящих и изгибающих моментов.
45. Изгиб с кручением. Исследование плоского напряженного состояния. Условие прочности по различным гипотезам прочности.
46. Изгиб с кручением. Расчетный момент, условия прочности по различным гипотезам прочности.
47. Расчеты на прочность при растяжении, сжатии и кручении.
48. Кривой стержень. Построение эпюр внутренних силовых факторов.
49. Кривой стержень. Вывод формулы нормальных напряжений при чистом изгибе.
50. Кривой стержень. Определение положения нейтрального слоя при чистом изгибе.
51. Напряжения, переменные во времени. Виды циклов, характеристики циклов.

52. Предел выносливости при напряжениях, меняющихся по симметричному циклу.
53. Диаграмма предельных амплитуд.
54. Факторы, влияющие на предел выносливости.
55. Определение коэффициента запаса выносливости. Расчеты на прочность при переменных напряжениях.
56. Условие прочности в случае плоского напряженного состояния при напряжениях, меняющихся во времени. Определение парциальных и общего коэффициента запаса.
57. Устойчивость сжатых стержней. Понятие о критическом напряжении. Формула Эйлера для критической силы.
58. Формула Эйлера для критических напряжений, пределы ее применимости. Формула Ясинского. Коэффициент запаса устойчивости..
59. Полный график критических напряжений.
60. Практические расчеты сжатых стержней на устойчивость. Коэффициент снижения основных допускаемых напряжений. Типы задач .
61. Динамическое действие нагрузок. Общие понятия, условие прочности. Динамический коэффициент. Учет сил инерции. Расчет троса грузоподъемника.
62. Расчет на удар (продольный, поперечный). Вывод формулы для динамического коэффициента. Условие прочности.

12. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Таблица 5

Автор(ы)	Наименование литературы	Год издания	Характеристика
1	2	3	4
Феодосьев В.И.	Сопротивление материалов	1974	У, О
Писаренко Г.С.	Сопротивление материалов	1979	У, О
Работнов Ю.Н.	Сопротивление материалов	1962	У, О
Лихарев К.К. Сухова Н.А.	Сборник задач по курсу сопротивления материалов	1980	У, О
Миролюбов И.Н. Енгальчев С.А.	Пособие к решению задач по сопротивлению материалов	1974	У, О
Афанасьев А.М. Марьин В.А.	Лабораторный практикум по сопротивлению материалов	1960	У, О
Феодосьев В.И.	Избранные задачи и вопросы по сопротивлению материалов	1973	У, Д
Работнов Ю.Н.	Механика деформированного тела	1979	У, Д
Пономарев С.Д. Бидерман В.Л.	Расчеты на прочность в машиностроении	1959	У, Д
Качурин В.К.	Сборник задач по сопротивлению материалов	1972	У, Д
Любошиц М.И. Ицкович И.Н.	Справочник по сопротивлению материалов	1969	С Д

1	2	3	4
Алмаметов Ф.З.	Расчетные и курсовые работы по сопротивлению материалов	1992	У Д
Вайсфельд А.А. Куров О.В. Потапова Л.Б.	Журнал лабораторных работ по сопротивлению материалов	1992	МУ
Дойхен Ю.М	Расчет балок конечной длины на упругом винклеровском основании. Учебное пособие. Хабаровск Хабар. политех. инс-т	1979	УП
Тен Ен Со	Расчет стержневых систем с использованием дельта-функций Дирака: Учебное пособие.-Хабаровск: Изд.-во Хабар. гос. техн. ун-та,	2000	УП
Дойхен Ю.М., Ким Т.С., Ловцов А.Д., Тен ЕнСо	Расчет конструкций, контактирующих с упругим основанием. Учебное пособие.- Хабаровск: Изд.-во Хабар. гос. техн. ун-та.	2001	УП
Тен Ен Со, Л.М. Иванников	Расчет упругих систем на устойчивость: Учеб. пособие. - Хабаровск: Изд.-во Хабар. гос. техн. ун-та	2003	УП
Лукашевич А.А	Современные численные методы строительной механики: Учебное пособие. – Хабаровск.: Изд.-во Хабар. гос. техн. ун-та	2003	УП

13. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

На кафедре имеется лаборатория механических испытаний материалов и лаборатория вычислительной техники.

Оборудование и наглядные пособия в лаборатории механических испытаний соответствуют перечню типового учебно-лабораторного оборудования и наглядных пособий по сопротивлению материалов высших технических учебных заведений.

Лабораторные работы и практические занятия, связанные с использованием вычислительной техники, проводятся в классе вычислительной техники института архитектуры и строительства и в лаборатории вычислительной техники при кафедре, оснащенной современными персональными компьютерами.

Оснащенность кафедры учебным оборудованием и вычислительной техникой

Таблица 6

№ пп	Наименование	Кол.-во
1.	Испытательная машина МР - 005	2
2.	Испытательная машина МР-5	1
3.	Испытательная машина УМ-5А	1
4.	Испытательная машина УМ-20	1
5.	Испытательная машина КМ-50	1
6.	Испытательная машина УБМ	1
7.	Пресс ПГ-100	1
8.	Испытательная машина ГРМ-1	1
9.	Испытательная машина ЦДМ-10	1
10.	Испытательная машина ЦДМ-30	1
11.	Испытательная машина растяжная	1
12.	Универсальная машина УМ-5	1
13.	ПЭВМ Pentium AMD К 6-2 450 Mb	1
14.	ПЭВМ Pentium III	2
15.	ПЭВМ Pentium IV	2
16.	ПЭВМ Celeron 2400	4

14. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучению сопротивления материалов обязательно должно предшествовать изучение высшей математики, физики, теоретической механики и информатики. Без изучения этих дисциплин, изучение сопротивления материалов по программе предложенной ГОС невозможно. Ниже приводится наименование базовых дисциплин и разделов (тем), усвоение которых необходимо для данной дисциплины.

Высшая математика:

1. Функции и графики.
2. Элементы линейной алгебры и анализ математической геометрии.
3. Дифференциальное и интегральное исчисление, функции одного переменного.
4. Обыкновенные дифференциальные уравнения.
5. Системы обыкновенных дифференциальных уравнений.
6. Дифференциальное исчисление функций нескольких переменных.
7. Кратные интегралы.
8. Теория рядов.
9. Уравнения мат. физики.
10. Элементы теории вероятностей и математической статистики.

Теоретическая механика:

1. Статика. Условия равновесия произвольной системы сил. Плоская система сил. Центр тяжести однородных тел.
2. Кинематика. Кинематика точки. Поступательное и вращательное движение твердого тела.
3. Динамика. Динамика материальной точки. Принцип Даламбера. Момент инерции массы. Теория колебания и удара.

Физика:

1. Работа и мощность.
2. Энергия кинетическая и потенциальная.
3. Законы Ньютона.
4. Основы молекулярной физики и термодинамики твердых тел.
5. Физические основы механики.

Информатика:

Принципы вычисления и программирования.

Навыки работы на персональном компьютере.

15. СЛОВАРЬ ПРИНЯТЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

- F — внешняя сосредоточенная сила, размерность - Н, кН;
 m — внешний сосредоточенный момент сил (пара сил), размерность - кНм;
 q — интенсивность распределенной внешней нагрузки, размерность – кН/м;
 N — продольная сила, размерность - Н, кН;
 Q — поперечная сила, размерность - Н, кН;
 M — изгибающий момент, размерность - кНм;
 $M_{кр}$ — крутящий момент, размерность - , кНм;
 $F_{кр}$ — критическая сила, размерность - Н, кН;
 A — площадь поперечного сечения, размерность – м²;
 $x_c ; y_c$ — координаты центра тяжести поперечного сечения, размерность – м;
 S_x, S_y — статические моменты площади сечения относительно осей X и Y, размерность – м³;
 J_x, J_y — осевые (экваториальные) моменты инерции площади сечения относительно осей X и Y, размерность – м⁴;
 J_p — полярный момент инерции площади сечения относительно полюса, размерность – м⁴;
 J_{xy} — центробежный момент инерции площади сечения относительно осей X и Y, размерность – м⁴;
 $W_x ; W_y$ — осевые моменты сопротивления относительно осей X и Y, размерность – м³;
 W_p — полярный момент сопротивления, размерность – м³;
 l — длина стержня или расстояние между опорами (пролет), размерность – м;
 Δl — абсолютная продольная деформация, размерность – м;
 ε — относительная линейная деформация;
 v — прогиб, вертикальное перемещение центра тяжести поперечного сечения балки, размерность – м;
 θ — угол поворота поперечного сечения балки, размерность – рад;
 φ — угол закручивания, размерность – рад;
 σ — нормальные напряжения, размерность – МПа;
 $\sigma_{пл}$ — предел пропорциональности;
 $\sigma_{упр}$ — предел упругости;
 σ_t — предел текучести;
 $\sigma_{пч}$ — предел прочности;
 E — модуль упругости, размерность – МПа.