

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

**Учебно-методическое объединение по образованию
в области строительства и архитектуры**

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель Министра
образования Республики Беларусь

_____ А.Г. Баханович

Регистрационный № _____

**СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ
И ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ**

**Примерная учебная программа
по учебной дисциплине для специальности
7-07-0732-03 «Строительство транспортных коммуникаций»**

СОГЛАСОВАНО

Председатель Учебно-методического
объединения по образованию
в области строительства и
архитектуры

_____ С.Н. Ковшар

СОГЛАСОВАНО

Начальник Главного управления
профессионального образования
Министерства образования
Республики Беларусь

_____ С.Н.Пищов

СОГЛАСОВАНО

Проректор по научно-методической
работе Государственного учреждения
образования «Республиканский
институт высшей школы»

_____ И.В.Титович

Эксперт-нормоконтролер

Минск 2026 г.

СОСТАВИТЕЛИ:

Е.А. Евсеева, доцент кафедры «Математические методы в строительстве» Белорусского национального технического университета, кандидат технических наук.

М.В. Югова, старший преподаватель кафедры «Математические методы в строительстве» Белорусского национального технического университета, старший преподаватель.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Кафедра механики и конструирования учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (протокол № 3 от 24.10.2025г.); Основин В.Н., доцент кафедры механики материалов и деталей машин учреждения образования «Белорусский государственный аграрный университет», кандидат технических наук.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ ПРИМЕРНОЙ:

кафедрой «Математические методы в строительстве» Белорусского национального технического университета (протокол № 3 от 26.11.2025);

Научно-методическим советом Белорусского национального технического университета (секция «Совершенствование образовательного процесса» протокол № 1 от 22.01.2026);

Учебно-методическим объединением по образованию в области строительства и архитектуры (протокол № 4 от 15.12.2025).

Ответственный за редакцию: Чернявская С.В.

Ответственный за выпуск: Евсеева Е.А.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Примерная учебная программа по учебной дисциплине «Сопротивление материалов и теория упругости» разработана для учреждений высшего образования Республики Беларусь в соответствии с требованиями образовательного стандарта специального высшего образования по специальности 7-07-0732-03 «Строительство транспортных коммуникаций».

Целью изучения учебной дисциплины является:

- формирование знаний, необходимых для выполнения расчета типовых элементов строительных конструкций на прочность, жесткость, устойчивость и долговечность;
- обучение студентов правильному выбору конструкционных материалов и формы сечений конструкций, обеспечивающих требуемые запасы надежности, безопасности их эксплуатации и экономичности сооружений.

Основными задачами преподавания учебной дисциплины являются:

- изучение методов решения задач сопротивления материалов и теории упругости;
- изучение основных методов расчетов на прочность, жесткость и устойчивость элементов строительных конструкций;
- освоение навыков конструирования элементов строительных конструкций и выбора материалов по критериям прочности.

Учебная дисциплина базируется на знаниях, полученных при изучении таких дисциплин как «Математика», «Физика» и «Теоретическая механика». Знания и умения, полученные студентами при изучении данной дисциплины, необходимы для освоения последующих специальных дисциплин, связанных с проектированием и расчетом элементов строительных конструкций, таких как «Строительные конструкции транспортных сооружений», «Проектирование мостов», «Проектирование автомобильных дорог», «Тоннели и подземные сооружения».

В результате изучения учебной дисциплины «Сопротивление материалов и теория упругости» студент должен

знать:

- принципы моделирования элементов реальных конструкций, создание расчетных схем;
- методы расчета элементов машин и сооружений на прочность, жесткость и устойчивость;
- создание простых приемов расчета элементов сооружений с использованием теоретических гипотез и экспериментальных данных;

- основные понятия теории упругости и пластичности;
- методы расчета конструкций транспортных объектов, расчет которых методами сопротивления материалов невозможен или дает значительные погрешности;
- приближенные и численные методы решения задач теории упругости;

уметь:

- делать правильный выбор основных критериев для расчета элементов конструкций и сооружений;
- составлять рациональные расчетные схемы, обеспечивающие достаточную степень точности в сочетании с простотой инженерного расчета;
- выполнять инженерные проверочные и проектировочные расчеты элементов конструкций и сооружений в соответствии с выбранными критериями и осуществлять анализ полученных решений;
- формулировать уравнения теории упругости в приложении к конкретным задачам;
- решать задачи теории упругости методом конечных элементов и приближенными методами;
- решать простейшие задачи с учетом пластических деформаций;

иметь навык:

- использования методик моделирования и выбора основных критериев расчета элементов конструкций и сооружений;
- расчета элементов конструкций, испытывающих простые и сложные виды сопротивлений от статических, динамических, переменных и температурных воздействий;
- определения условий наступления предельных состояний в расчетных точках конструкции по классическим и новым теориям прочности;
- решения простейших плоских и пространственных задач теории упругости.

Освоение данной учебной дисциплины обеспечивает формирование следующей компетенции:

применять методы расчета прочности и деформационных характеристик к дорожно-строительным материалам, изделиям и конструкциям.

Данная примерная программа рассчитана на 266 ч., в том числе – 152 ч. аудиторных часов. Примерное распределение аудиторных часов по видам занятий: лекций – 68 ч., практических занятий – 68 ч., лабораторных занятий – 16 ч. Рекомендуемая форма промежуточной аттестации – экзамен.

ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Название раздела и темы	Распределение аудиторного времени по видам занятий			Всего аудиторных часов
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	
Раздел 1 Сопротивление материалов бруса	52	52	16	120
Тема 1.1 Основные понятия и допущения	2	2	-	4
Тема 1.2 Растяжение (сжатие) прямого стержня	2	2	2	6
Тема 1.3 Основные характеристики механических свойств материалов	2	2	2	6
Тема 1.4 Методы инженерных расчетов на прочность и жесткость	2	2	-	4
Тема 1.5 Основы теории напряженного и деформированного состояний	2	2	-	4
Тема 1.6 Экспериментальные методы исследования напряжений и деформаций	2	2		4
Тема 1.7 Теории прочности и пластичности	2	2	-	4
Тема 1.8 Геометрические характеристики поперечных сечений	2	2	-	4
Тема 1.9 Сдвиг	2	2	-	4
Тема 1.10 Кручение цилиндрического стержня	2	2	2	6
Тема 1.11 Плоский изгиб прямого бруса	4	4	2	10
Тема 1.12 Расчет простейших статически неопределимых систем	2	2	2	6
Тема 1.13 Изгиб балки на упругом основании	2	2	-	4
Тема 1.14 Сложное сопротивление бруса	4	4	4	12
Тема 1.15 Основы расчета тонкостенных стержней открытого профиля (теория В.З.Власова)	2	2	-	4
Тема 1.16 Устойчивость сжатых стержней	2	2	2	6
Тема 1.17 Продольно-поперечный изгиб прямого стержня	2	2	-	4
Тема 1.18 Расчет толстостенных труб и тонкостенных сосудов	2	2	-	4
Тема 1.19 Простейшие задачи при динамическом нагружении	2	2	-	4
Тема 1.20 Прочность при переменных напряжениях	2	2	-	4
Тема 1.21 Способы расчета конструкций в упругопластической стадии сопротивления материала	2	2	-	4
Тема 1.22 Расчет конструкций с учетом ползучести	2	2	-	4

Тема 1.23 Расчет упруго-вязких и вязкопластических тел	2	2	-	4
Тема 1.24 Основные положения механики разрушения	2	2	-	4
Раздел 2 Теория упругости и пластичности	16	16	-	32
Тема 2.1 Теория напряженно-деформированного состояния в точке	2	2	-	4
Тема 2.2 Основные уравнения теории упругости	2	2	-	4
Тема 2.3 Плоская задача теории упругости в декартовых координатах	2	2	-	4
Тема 2.4 Плоская задача теории упругости в полярных координатах	2	2	-	4
Тема 2.5 Изгиб прямоугольных и круглых пластин	2	2	-	4
Тема 2.6 Вариационные методы решения задач теории упругости	2	2	-	4
Тема 2.7 Решение задач теории упругости методом конечных элементов	2	2	-	4
Тема 2.8 Основы теории пластичности и ползучести	2	2	-	4
ВСЕГО	68	68	16	152

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1 СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ БРУСА

Тема 1.1 Основные понятия и допущения

Основные гипотезы: сплошность, однородность, изотропия, упругость, пластичность, ползучесть, малые перемещения. Объекты, изучаемые в курсе: брус, пластина, оболочка, массив. Реальная конструкция и ее расчетная схема (модель). Типы опор.

Внешние силовые воздействия (нагрузки) и их классификация: объемные и поверхностные, сосредоточенные и распределенные, постоянные и временные, статические и динамические, случайные и повторяющиеся. Температурные, кинематические и другие воздействия.

Деформации и перемещения. Деформации линейные и угловые, абсолютные и относительные. Перемещения линейные и угловые.

Метод сечений. Силы упругости (внутренние силы) и их составляющие. Напряжения: полное, нормальное и касательное. Понятие о напряженном состоянии в точке.

Зависимость напряжений от деформаций. Закон Гука. Модули упругости материалов.

Элементарные внутренние силы. Равнодействующая внутренних сил и ее составляющие (продольные и поперечные силы). Равнодействующий момент внутренних сил и его составляющие (крутящий и изгибающие моменты). Простые и сложные сопротивления элементов конструкций. Связь составляющих внутренних сил и напряжений.

Предпосылки при расчете конструкций: гипотезы о плоских сечениях, принцип суперпозиций, принцип начальных размеров, принцип Сен-Венана, допущение об отсутствии начальных внутренних сил и о взаимном давлении продольных волокон стержня.

Тема 1.2 Растяжение (сжатие) прямого стержня

Осевое (центральное) растяжение (сжатие). Продольные силы в поперечных сечениях, правило знаков для продольных сил. Эпюры продольных сил. Дифференциальные и интегральные зависимости между продольной силой в сечении и интенсивностью распределенной нагрузки. Элементы строительных конструкций, работающие на растяжение и сжатие: короткие колонны и стойки, стержневые системы, панели, раскосы и стойки ферм, ванты и др.

Особенности деформации центрально растянутого (сжатого) стержня. Равенство деформаций всех продольных волокон. Равенство напряжений во всех точках поперечного сечения стержня. Формула для определения нормальных

напряжений в поперечном сечении стержня. Напряжения в наклонном сечении стержня. Эпюра напряжений. Напряжения во взаимно перпендикулярных сечениях стержня. Закон парности касательных напряжений. Правило знаков для нормальных и касательных напряжений.

Линейное (одноосное) напряженное состояние в точках растянутого (сжатого) стержня. Экстремальные значения нормальных напряжений.

Продольные и поперечные деформации стержня. Коэффициент Пуассона. Осевые перемещения (смещения) сечений стержня. Деформации участков стержня, закон Гука для центрального растяжения (сжатия). Жесткость сечения и жесткость участка стержня. Эпюры перемещений.

Полная и удельная работа, затраченная на деформирование участка стержня при растяжении (сжатии). Закон сохранения энергии. Потенциальная энергия упругой деформации: полная и удельная.

Тема 1.3 Основные характеристики механических свойств материалов

Механические свойства конструкционных материалов: прочность, жесткость, твердость, выносливость и др. Виды испытания материалов.

Испытательные машины и предъявляемые к ним требования. Типы образцов для испытаний. Необходимые условия для проведения испытаний.

Испытание на растяжение. Машинная диаграмма испытания. Характерные точки и характерные участки на диаграмме. Понятие о текучести материала и об упрочнении при повторных нагружениях (наклепе). Закономерности разгрузки и повторного нагружения. Особенности деформирования и разрушения материала в пластическом и хрупком состояниях.

Физические основы пластической деформации разрушения. Вакансии, дислокации, линии скольжения, вектор Бюргерса. Теоретическая прочность. Эффект Баушингера. Понятие о трещиностойкости материала.

Основные механические характеристики материалов – пределы пропорциональности, упругости, пластичности, прочности. Характеристики пластичности. Нормативные и расчетные сопротивления материалов. Испытание на сжатие, особенности диаграмм. Испытания на срез, расчетные характеристики среза. Испытание на твердость, характеристики твердости.

Испытание на длительную прочность. Кривые ползучести и релаксации напряжений. Предел длительной прочности.

Представления о прочности при циклически изменяющихся во времени напряжениях. Кривые усталостной прочности. Предел выносливости. Испытания на ударную нагрузку. Ударная вязкость. Понятие о хладноломкости материала.

Влияние скорости нагружения, температуры образца, радиоактивного облучения, глубокого вакуума и других воздействий внешней среды на механические характеристики материалов.

Механические свойства широко распространенных и новых конструкционных материалов, включая композитные; учет анизотропии, физической нелинейности, неоднородности при испытаниях.

Тема 1.4 Методы инженерных расчетов на прочность и жесткость

Основные требования к инженерным конструкциям: прочность, жесткость, надежность. Понятие о предельных состояниях, критерий их наступления в зависимости от свойств материалов, условия работы, назначения конструкций и др.

Основы методов расчета: по допускаемым напряжениям, по разрушающим нагрузкам и по предельным состояниям. Три вида задач при расчетах на прочность: проверка прочности по расчетному условию, подбор сечений (проектный расчет), определение эксплуатационной нагрузки (несущей способности).

Расчет на жесткость. Условие жесткости. Предельные линейные и угловые перемещения.

Расчеты инженерных конструкций при растяжении (сжатии). Учет собственного веса. Расчет стержней переменного сечения.

Понятие о рациональных конструкциях, об оптимальном проектировании. Ограничения и критерии оптимизации. Принцип равнопрочности, брус равного сопротивления. Понятие о конструкционной прочности с учетом анизотропии материала.

Тема 1.5 Основы теории напряженного и деформированного состояний

Напряженное состояние в точке деформированного тела. Компоненты напряжения. Тензор напряжений. Обозначения и правила знаков для компонентов напряжения. Главные площадки и главные напряжения. Виды напряженного состояния: линейное (одноосное), плоское (двухосное), объемное (трехосное).

Напряжения на наклонной площадке в условиях плоской задачи. Определение главных напряжений и положения главных площадок.

Круги Мора для напряжений. Графическое определение величины и направления напряжений на любых площадках при плоском напряженном состоянии.

Понятие о деформированном состоянии. Компоненты деформации. Тензор деформаций. Обозначения и правила знаков для компонентов деформации. Плоская и объемная деформации в точке тела. Главные оси деформации и главные деформации.

Обобщенный закон Гука. Закон Гука при плоском и объемном напряженных состояниях в точке.

Удельная потенциальная энергия деформации. Энергия изменения объема и энергия изменения формы.

Тема 1.6. Экспериментальные методы исследования напряжений и деформаций

Классификация экспериментальных методов. Измерение деформаций механическими, электрическими и оптическими тензометрами. Виды тензометров. База измерения.

Различные случаи применения тензометров. Использование тензометрических розеток при исследовании плоского напряженного состояния.

Поляризационно-оптический метод исследования напряжений. Физические основы метода. Схема установки. Изохромы и изоклины. Тарировка материала модели. Определение напряжений на контуре. Вычисление касательных напряжений в произвольном сечении модели. Условие подобия натуры и модели.

Краткие сведения о других экспериментальных методах исследования: метод сеток, метод хрупких лаковых покрытий, метод муаровых полос и фотоупругих покрытий, рентгеновские, голографические и другие методы. Понятие о физическом и математическом моделировании.

Тема 1.7 Теории прочности и пластичности

Назначение теорий прочности, понятие об эквивалентном напряжении и равноопасных напряженных состояниях. Хрупкое и вязкое разрушение. Критериальные условия наступления предельных состояний.

Теории прочности при хрупком состоянии материала. Гипотеза наибольших нормальных напряжений и соответствующее ей эквивалентное напряжение. Гипотеза наибольших относительных удлинений и соответствующее ей эквивалентное напряжение. Сопоставление с опытными данными.

Предельные состояния пластичных материалов. Гипотеза наибольших касательных напряжений и соответствующее ей эквивалентное напряжение. Гипотеза энергии формоизменения и соответствующее ей эквивалентное напряжение. Сопоставление с опытными данными.

Феноменологический критерий Мора для материалов с различными пределами прочности при растяжении и сжатии. Эквивалентные напряжения.

Понятие об объединенной теории прочности Н.Н. Давиденкова и Я.Б. Фридмана. Диаграмма механического состояния материала. Общие сведения о других гипотезах прочности и пластичности.

Тема 1.8 Геометрические характеристики поперечных сечений

Назначение геометрических характеристик в курсе сопротивления материалов. Статические моменты, их свойства. Статические моменты сечений сложной формы. Определение центра тяжести сложного (составного) сечения.

Осевые, полярный и центробежный моменты инерции сечений, их свойства. Зависимость осевых и центробежных моментов инерции при параллельном переносе и при повороте координатных осей. Главные оси и главные моменты инерции. Определение главных моментов инерции и положения главных осей сечений сложной формы (составных сечений) аналитическим и графическим методами.

Моменты инерции сечений простых форм: прямоугольной, треугольной, круглой и кольцевой.

Понятие о радиусе и эллипсе инерции.

Тема 1.9 Сдвиг

Сдвиг (чистый сдвиг) как сопротивление простой деформации стержня. Внутренние силы при сдвиге. Примеры элементов конструкций сопротивляющихся сдвигу (срезу).

Анализ напряженного состояния при сдвиге – напряжения на наклонной площадке, положение главных площадок, значения главных напряжений. Закон Гука при сдвиге. Модуль упругости второго рода (модуль сдвига). Жесткость сечения при сдвиге.

Потенциальная энергия упругой деформации при сдвиге. Удельная энергия деформации при чистом сдвиге. Неизменность объема при чистом сдвиге. Зависимости между модулями упругости первого и второго рода.

Расчет заклепочных, болтовых и сварных соединений. Расчет клееных соединений и деревянных врубок.

Тема 1.10 Кручение цилиндрического стержня

Внутренние силы в сечениях скручиваемого стержня (вала). Дифференциальные зависимости, эпюры крутящих моментов. Учет передаваемой валом мощности и угловой скорости.

Особенности деформации цилиндрического стержня – допущение о прямолинейности радиуса и об отсутствии депланации поперечных сечений. Относительный угол закручивания. Формула для вычисления касательных напряжений в поперечном сечении стержня при кручении. Эпюра напряжений.

Определение угловых деформаций (углов закручивания). Закон Гука при кручении стержня. Жесткость стержня при кручении. Эпюры углов поворота сечений.

Расчеты на прочность и жесткость стержня (вала) круглого (кольцевого) сечения. Полярный момент сопротивления.

Анализ напряженного состояния в стержне, подвергнутом кручению. Главные напряжения и их направления. Виды разрушения стержней, выполненных из различных материалов.

Особенности деформации при кручении стержней некруглого поперечного сечения. Основные результаты теории кручения стержней прямоугольного сечения. Кручение стержней, составленных из нескольких прямоугольников.

Краткие сведения о мембранной (пленочной) аналогии. Кручение тонкостенных стержней замкнутого профиля. Формула Бредта.

Тема 1.11 Плоский изгиб прямого бруса

Классификация видов изгиба. Изгиб прямого бруса (балки) в главной плоскости инерции. Внешние силы (нагрузки), типы опор, реакции. Внутренние силы в поперечных сечениях балки при чистом и поперечном изгибах.

Определение поперечных сил и изгибающих моментов в сечениях балки. Правила знаков. Эпюры поперечных сил и изгибающих моментов. Способы построения эпюр и их практическое значение.

Дифференциальные зависимости между поперечной силой, изгибающим моментом и интенсивностью сплошной нагрузки. Использование указанных зависимостей для контроля построения эпюр.

Особенности деформирования участка балки с чистым изгибом. Нейтральный слой и нейтральная ось. Зависимость между изгибающим моментом и кривизной оси изогнутой балки. Жесткость сечения. Нормальные напряжения в точках сечения. Эпюра нормальных напряжений.

Особенности деформирования участка балки с поперечным изгибом. Условие распространение выводов для чистого изгиба на поперечный изгиб. Касательные напряжения для сплошных сечений (формула Журавского). Эпюра касательных напряжений в различных по форме сечениях.

Расчеты на прочность при изгибе. Осевой момент сопротивления сечения. Проверка прочности по касательным напряжениям. Рациональные сечения балки.

Анализ напряженного состояния балки. Главные напряжения, их траектории. Использование теорий прочности и пластичности при проверке прочности балки.

Потенциальная энергия упругих деформаций при изгибе. Удельная потенциальная энергия.

Касательные напряжения при чистом изгибе балок тонкостенного профиля. Понятие о центре изгиба.

Изгиб бруса переменного сечения. Балка равного сопротивления. Понятие о расчете составных (сварных и заклепочных) балок.

Изгиб балки из материала, имеющего различные модули упругости на растяжение и сжатие. Изгиб балок из разнородных (композитных) материалов. Понятие об изгибе балок из материалов, не следующих закону Гука.

Линейные и угловые перемещения балки в результате ее деформации. Связь углового и линейного перемещения. Дифференциальное уравнение оси изогнутой балки (упругой линии балки).

Интегрирование дифференциального уравнения для случая одного участка. Определение постоянных интегрирования. Правило знаков линейных и угловых перемещений. Условие жесткости.

Определение постоянных интегрирования при наличии нескольких участков на балке. Обобщенное уравнение упругой линии балки с начальными параметрами. Метод начальных параметров. Условие его применения.

Работа сил на перемещениях в упругой системе. Возможная работа. Теоремы о взаимности работ и о взаимности перемещений. Применение теорем к внутренним силам системы.

Определение перемещений методом Максвелла–Мора. Графоаналитические приемы вычисления интегралов универсальной формулы Мора по правилу Верещагина и по формуле Симпсона.

Тема 1.12 Расчет простейших статически неопределимых систем

Статический и кинематический анализ простейших стержневых систем. Понятия о степенях свободы и связях. Связи необходимые и “лишние”. Степень статической неопределимости.

Расчет статически неопределимых стержневых систем при растяжении–сжатии и кручении. Внутренние силы и напряжения в статически неопределимых стержневых системах от температурных воздействий.

Способы регулирования напряжений в статически неопределимых системах, понятие о преднапряжении. Практическое применение преднапряжения в металлических и железобетонных конструкциях.

Основы метода сил при расчете простейших статически неопределимых стержневых систем. Выбор основной системы. Понятие об эквивалентной системе. Условия совместности деформаций, канонические уравнения, определение коэффициентов уравнений и свободных членов.

Применение метода сил к расчету статически неопределимых балок. Особенности выбора основной системы. Единичные и грузовые эпюры. Раскрытие статической неопределимости.

Тема 1.13 Изгиб балки на упругом основании

Понятие о балках на упругом основании. Модели упругих оснований и их особенности. Условие контакта подошвы балок и упругого основания.

Характерные примеры строительных и транспортных конструкций, контактирующих с упругой средой.

Дифференциальное уравнение упругой линии балки, лежащей на винклеровском основании, и его интегрирование, учет граничных условий.

Расчет бесконечно длинных и полубесконечных балок. Метод начальных параметров. Расчет абсолютно жестких балок (штампов).

Тема 1.14 Сложное сопротивление бруса

Общий случай действия сил на брус. Составляющие внутренних сил и их эпюры. Характерные случаи сложного сопротивления бруса. Общий случай сложения напряжений в поперечных сечениях стержня – нормальных алгебраически, касательных геометрически.

Сложный (косой) изгиб. Внутренние силы, напряжения и их эпюры. Положение нейтральной линии (оси), опасные точки в сечениях. Расчет на прочность и особенности подбора сечения. Определение линейных и угловых перемещений, направление прогиба.

Внецентренное действие продольных сил. Внутренние силы, напряжения, их эпюры. Положение нейтральной (нулевой) линии. Опасные точки в сечении. Расчетное условие, определение несущей способности. Ядро сечения. Его свойства. Случай внецентренного сжатия преднапряженных балок.

Кручение с изгибом и кручение с растяжением (сжатием) цилиндрического стержня. Внутренние силы, нормальные, касательные и главные напряжения. Расчеты на прочность с применением теорий прочности и пластичности.

Тема 1.15 Основы расчета тонкостенных стержней открытого профиля (теория В.З. Власова)

Понятие о тонкостенных стержнях замкнутого и открытого профиля, их особенности. Свободное и стесненное кручение.

Стесненное кручение и его особенности. Нормальные напряжения в сечении, бимомент, секториальные характеристики сечения, выбор полюса, начало отсчета секториальных площадей. Центр изгиба. Законы распределения нормальных и касательных напряжений в сечении стержня.

Дифференциальные уравнения углов закручивания и его интегрирование. Граничные условия. Использование метода начальных параметров.

Внецентренное действие продольной силы. Аналогия с изгибом. Общий случай действия сил на тонкостенный стержень открытого профиля.

Тема 1.16 Устойчивость сжатых стержней

Понятие о формах равновесия сжатых стержней. Критические нагрузки, продольный изгиб. Примеры потери устойчивости элементов конструкции.

Формула Эйлера для критической силы упругой стадии материала. Учет опорных закреплений стержней, приведенная длина.

Критические напряжения, понятие о гибкости стержня, предельная гибкость. Пределы применимости формулы Эйлера.

Потеря устойчивости при напряжениях, превышающих предел пропорциональности. График зависимости критических напряжений от гибкости стержня. Эмпирическая формула Ясинского.

Практический метод расчета сжатых стержней на устойчивость. Использование коэффициентов продольного изгиба. Способы подбора сечений сжатого стержня с использованием удельного радиуса инерции сечения и характеристики сечения.

Тема 1.17 Продольно-поперечный изгиб прямого стержня

Понятие о продольно-поперечном изгибе. Особенности задачи в связи с ее нелинейностью: расчет по деформированному состоянию, неприменение принципа суперпозиций.

Дифференциальное уравнение упругой линии стержня при его продольно-поперечном изгибе. Методы интегрирования этого уравнения.

Продольный изгиб прямого стержня сжимающей силой, приложенной с эксцентриситетом на главной центральной оси. Продольный изгиб стержня с небольшим начальным искривлением (изгибом) в главной центральной плоскости.

Продольно-поперечный изгиб при наличии поперечной нагрузки. Точное и приближенное решение задачи при малых прогибах. Определение напряжений и величины запаса прочности по нагрузкам.

Тема 1.18 Расчет толстостенных труб и тонкостенных сосудов

Общие понятия о толстостенных трубах и тонкостенных сосудах. Особенности их расчетов.

Напряжения в сечениях толстостенных труб, эпюры напряжений. Анализ расчетных формул.

Деформации в главных направлениях толстостенных труб. Автофретирование.

Напряжения в сечениях толстостенных сосудов сферического и конического очертаний. Понятие о безмоментной теории.

Примеры расчета тонкостенных сосудов различных очертаний.

Тема 1.19 Простейшие задачи при динамическом нагружении

Типы динамических нагрузок на элементы строительных конструкций и деталей машин. Понятие о динамическом коэффициенте. Расчетное условие на прочность и жесткость.

Подъем и опускание груза с ускорением. Принцип Даламбера. Напряжения в сечениях быстро вращающихся элементов конструкций (диск, кольцо и др.).

Основные понятия о свободных и вынужденных колебаниях упругих систем с одной степенью свободы: период (частота) колебаний, логарифмический декремент затухания, резонанс.

Расчеты на удар. Формула динамического коэффициента, условие ее применимости. Случай продольного, поперечного и крутильного удара. Приближенный учет массы конструкции при ударных нагрузках. Понятие о демпфирующих устройствах при ударных нагрузках на стержневые конструкции и подбор их параметров.

Тема 1.20 Прочность при переменных напряжениях

Понятие об усталостном разрушении элементов конструкций и деталей машин. Возникновение и развитие усталостного разрушения. Классификация режимов циклических нагрузок. Основные виды циклов напряжений, показатель асимметрии цикла. Подобные циклы: предельные, рабочие.

Кривая усталости и ее построение. Малоцикловая, многоцикловая и высокоресурсная усталость. Предел выносливости. Другие параметры кривой усталости. Уравнение кривой усталости.

Влияние асимметрии цикла напряжений на сопротивление усталости. Диаграмма предельных амплитуд и ее схематизация. Расчетные выражения.

Факторы, влияющие на сопротивление усталости: концентрация напряжений, масштабный эффект, состояние поверхности и др.

Расчет на усталость при совместном циклическом изгибе и кручении. Общий коэффициент запаса. Понятие о расчетах на усталость при сложном напряженном состоянии.

Понятие о методах расчета усталостной долговечности.

Тема 1.21 Способы расчета конструкций в упругопластической стадии сопротивления материалов

Упрощенная диаграмма сопротивления упругопластического материала. Условия применения этой диаграммы в различных задачах.

Развитие пластических деформаций в стержневых системах. Понятие о приспособляемости.

Образование пластических шарниров в скручиваемых стержнях. Пластический момент сопротивления при кручении. Способы расчета с учетом пластического шарнира.

Образование пластических шарниров в балках. Пластический момент сопротивления при изгибе. Способы расчета статически неопределимых балок с учетом образования пластических шарниров.

Работа внецентренно нагруженных элементов в упругопластической стадии.

Тема 1.22 Расчет конструкций с учетом ползучести

Влияние фактора времени на степень деформирования материалов. Зависимость между напряжениями и деформациями при линейной ползучести. Принцип Вальтеры.

Расчет элементов конструкций на растяжение (сжатия), изгиб и кручение с учетом ползучести материалов.

Решение простейших статически неопределимых задач линейной ползучести.

Тема 1.23 Расчет упруго-вязких и вязкопластических тел

Вязкость деформируемых строительных и дорожно-строительных материалов. Вязкая жидкость. Линейно-деформируемое упруго-вязкое тело, обладающее последствием. Линейно-деформируемое упруго-вязкое релаксирующее тело. Общий случай линейно-деформируемого тела. Простейшие задачи расчета стержней из материала, следующего общему линейному закону деформирования. Зависимость между напряжениями и деформациями линейно-деформируемых упруго-вязких тел при объемном напряженном состоянии. Вязкопластические тела. Понятие о нелинейно-упруго-вязких телах. Понятие о строительных композитных материалах и их работе.

Тема 1.24 Основные положения механики разрушения

Механика вязкого и хрупкого разрушения материалов конструкций. Связь механики разрушения с физикой твердого тела. Механика разрушения твердых тел с трещинами.

Особенности поля напряжений вблизи вершины трещины. Коэффициент интенсивности напряжений.

Энергетические концепции хрупкого разрушения. Метод Гриффитса, критерий Ирвина–Орована. Критическое равновесие трещин.

Механическая концепция раскрытия трещин, предложенная Дагдейлом–Леоновым–Панасюком. Понятие о J-интеграле.

Условие устойчивости роста трещин. Характеристики трещиностойкости материала. Допускаемые размеры трещин в элементах строительных конструкций. Влияние трещин на сопротивление усталости. Кинетическая диаграмма усталостного разрушения образцов с трещиной.

Зарождение и развитие трещин в плитных дорожных конструкциях и узлах строительных конструкций.

Раздел 2 ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ И ПЛАСТИЧНОСТИ

Тема 2.1 Теория напряженно-деформированного состояния в точке

Нагрузки и напряжения. Напряженное состояние в точке. Его полное математическое описание с помощью тензора напряжений. Компоненты тензора, его симметричный характер (закон парности касательных напряжений). Напряжения на наклонных площадках.

Представление тензора напряжений в диагональной форме. Главные напряжения. Их экстремальные свойства. Шаровой тензор и девиатор напряжений. Инварианты напряженного состояния. Наибольшие касательные напряжения. Октаэдрические напряжения. Интенсивность напряжений, их связь со вторым инвариантом девиатора.

Перемещения и деформации в точке тела. Деформированное состояние в точке тела. Его полное математическое описание с помощью тензора деформаций. Компоненты и инварианты тензора деформаций.

Главные оси деформации и главные деформации. Их свойства. Шаровой тензор и девиатор деформаций. Интенсивность деформаций.

Тема 2.2 Основные уравнения теории упругости

Три группы основных уравнений. Дифференциальные уравнения равновесия. Геометрические соотношения Коши. Уравнения неразрывности (совместности) деформаций (Сен-Венана). Физические уравнения теории упругости. Частные случаи. Упругие постоянные. Обобщенный закон Гука для изотропного и анизотропного тела.

Уравнения равновесия в перемещениях (уравнения Ламе). Уравнения неразрывности деформаций в напряжениях (уравнения Бельтрами-Митчела).

Формулировка основной задачи теории упругости: полная система уравнений в напряжениях и перемещениях, типы граничных условий на поверхности тела. Теорема о единственности решения.

Понятие о температурных напряжениях и деформациях в упругих телах. Задачи теплопроводности и термоупругости.

Основные уравнения пространственной задачи теории упругости в цилиндрической и сферической системе координат. Осесимметричная пространственная задача теории упругости.

Тема 2.3 Плоская задача теории упругости в декартовых координатах

Два вида плоской задачи: плоская деформация и обобщенное плоское напряженное состояние. Кинематическая и статическая гипотезы. Запись тензоров напряжений и деформаций, основных уравнений и граничных условий плоской задачи в декартовых координатах. Решение плоской задачи в перемещениях и напряжениях. Уравнение Леви. Функция напряжений Эри.

Бигармоническое уравнение. Решение бигармонического уравнения в полиномах, тригонометрических рядах, методом конечных разностей.

Тема 2.4 Плоская задача теории упругости в полярных координатах

Запись тензоров напряжений и деформаций, основных уравнений и граничных условий плоской задачи в полярных координатах. Простое радиальное напряженное состояние. Сжатие и изгиб клина сосредоточенной силой. Действие на полуплоскость одной и нескольких сосредоточенных сил, распределенных нагрузок.

Задачи Грюблера и Кирша о концентрации напряжений в пластинке около круглых отверстий. Описание результатов решения задач о концентрации напряжений вокруг отверстий другой формы. Понятие о зонах концентрации напряжений в конструкциях.

Тема 2.5 Изгиб прямоугольных и круглых пластин

Классификация пластин. Основные понятия и гипотезы. Выражение деформаций, напряжений, изгибающих, крутящих моментов и поперечных сил через функцию прогибов пластины.

Уравнения равновесия элемента пластины. Основное дифференциальное уравнение изгиба пластин в прямоугольных координатах (уравнение Софи Жермен-Лагранжа). Формулировка граничных условий для основных случаев закрепления краев пластинки. Элементарные примеры изгиба пластин. Энергия деформации при изгибе пластин.

Дифференциальное уравнение изгиба круглых и кольцевых пластин. Внутренние усилия в пластинке в полярной системе координат. Осесимметричный изгиб пластинок. Общее решение задачи и частные случаи осесимметричного изгиба.

Понятие об изгибе многослойных пластин. Особенности расчета ортотропных пластин. Изгиб пластин на упругом основании.

Понятие об устойчивости пластин и методах определения критических нагрузок. Дифференциальное уравнение продольно-поперечного изгиба прямоугольных пластин. Примеры определения критических сжимающих нагрузок для шарнирно опертых прямоугольных пластин.

Тема 2.6 Вариационные методы решения задач теории упругости

Сущность вариационных методов. Работа внешних сил и потенциальная энергия деформации. Ее вид для пространственных и плоских задач, изгибаемых пластин. Дополнительная энергия. Принципы Лагранжа и Кастильяно. Вариационные методы Релея-Ритца-Тимошенко, Бубнова-Галеркина и Власова - Канторовича.

Тема 2.7 Решение задач теории упругости методом конечных элементов

Метод конечных элементов (МКЭ). Построение конечно-элементных моделей. Регулярные и нерегулярные конечно-элементные сетки. Типы конечных элементов. Плоские конечные элементы: треугольные, прямоугольные, полигональные. Объемные конечные элементы: тетраэдры, параллелепипеды, кольцообразные элементы. Система нумерации в МКЭ. Понятие о векторе узловых сил и векторе узловых перемещений. Координатная функция. Совместные и несовместные КЭ.

Связь перемещений и узловых сил. Понятие о матрице жесткости КЭ. Объединение матриц жесткости. Особенности структуры объединенной матрицы жесткости: разреженность и симметрия. Учет кинематических и статических граничных условий. Вычисление напряжений и деформаций в КЭ.

Методы решения систем разрешающих конечно-элементных уравнений: точные и итерационные. Понятие об ошибках аппроксимации, вычислительных ошибках и об устойчивости численных решений.

Алгоритмизация МКЭ. Реализация этих методов на современных ЭВМ. Сведения о библиотеке прикладных программ.

Тема 2.8 Основы теории пластичности и ползучести

Механические свойства конструкционных материалов при напряжениях выше предела пропорциональности. Два типа задач теории пластичности. Модели идеально-пластического, упругопластического и жесткопластического тела. Критерии пластичности Сен-Венана и Мизеса. Активная, пассивная и нейтральная деформации. Теория малых упругопластических деформаций Ильюшина. Решение задач упругопластического деформирования в перемещениях. Метод упругих решений. Теория пластического течения.

Решение частных задач теории пластичности: чистый изгиб балки, кручение бруса круглого сечения, действие внутреннего давления на толстостенную трубу. Линии скольжения. Задача о вдавливании жесткого штампа.

Общие понятия о ползучести. Модели вязкоупругого тела. Зависимость между напряжениями и деформациями при линейной ползучести. Вариационные принципы теории вязкоупругости. Принцип Вальтеры. Плоская задача теории ползучести. Изгиб пластин из вязкоупругого материала. Численные методы решения задач ползучести строительных конструкций.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература

1. Феодосьев, В.И. Сопротивление материалов : [учебник для вузов] /В. И. Феодосьев. – 17-е изд., исправленное. – Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. – 542 с.
2. Варданян, Г.С. Сопротивление материалов с основами теории упругости и пластичности: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 08.03.01 (270100) "Строительство" / Г.С. Варданян, В.И. Андреев, Н.М. Атаров, А.А. Горшков; под ред. Н.М. Атаров. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: ИНФРА-М, 2016. – 511 с.
3. Александров, А.В. Сопротивление материалов / А.В.Александров, В.Д. Потапов, Б.П. Державин; под ред. А.В. Александрова. – М.: Высш. шк., 1995. – 560 с.
4. Сопротивление материалов / А.Ф. Смирнов [и др.]; под общ. ред. А.Ф. Смирнова. – М.: Высш. шк., 1975. – 480 с.5.
5. Сопротивление материалов / Г.С. Писаренко [и др.]; под общ. ред. Г.С. Писаренко. – Киев: Вища шк., 1973. – 672 с.
- 6.Александров, А.В. Основы теории упругости и пластичности / А.В.Александров, В.Д.Потапов. – М.: Высш. шк.,1990.– 400 с.
7. Безухов, Н.И. Основы теории упругости, пластичности и ползучести / Н.И. Безухов. – М.: Высш. шк., 1968. – 512 с.
8. Безухов, Н.И. Примеры и задачи по теории упругости, пластичности и ползучести / Н.И. Безухов – М.: Высш. шк., 1965. – 320 с.
9. Хечумов, Р.А. Применение метода конечных элементов к расчету конструкций: учебное пособие для технических вузов / Р.А. Хечумов, Х. Кепплер, В.И. Прокопьев. – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 1994. – 353 с.
10. Зубчанинов, В.Г. Основы теории упругости и пластичности / В.Г. Зубчанинов. – М.: Высш. шк., 1990. – 368 с.
- 11.Гастев, В.А. Краткий курс сопротивления материалов / В.А. Гастев .- 2-е изд. - М.:Наука, 1977. - 456 с.
12. Терегулов, И.П. Сопротивление материалов и основы теории упругости и пластичности / И.П. Трегулов. – М.: Высшая школа, 1984. – 472 с.
13. Старовойтов, Э.И. Основы теории упругости, пластичности и вязкоупругости / Э.И. Старовойтов.– Гомель: БелГУТ, 2001.– 344 с.

14. Беляев, Н.М. Сопротивление материалов / Н.М.Беляев.— М.:Наука,.1976.— 608с.

Дополнительная литература

1. Писаренко, Г.С. Справочник по сопротивлению материалов / Г.С. Писаренко, А.П. Яковлев, В.В. Матвеев; под ред. Г.С. Писаренко. — Киев: Наукова думка, 1988. — 736 с.
2. Справочник по сопротивлению материалов / Е.Ф. Винокуров [и др.]. — Минск: Наука и техника, 1988. — 464 с.
3. Заяц, В.Н. Сопротивление материалов / В.Н. Заяц, М.К. Балыкин, И.А. Голубев. — Минск: БГПА, 1998. — 367 с.
4. Сопротивление материалов деформированию и разрушению: справочное пособие: [1 ч.] / В.Г. Трощенко [и др.]; под общ. ред. В.Г. Трощенко. — Киев: Наукова думка, 1993. — 388 с.
5. Сопротивление материалов деформированию и разрушению: справочное пособие: [2 ч.] / В.Г. Трощенко [и др.]; под общ. ред. В.Г. Трощенко. — Киев: Наукова думка, 1994. — 700 с.
6. Сопротивление материалов (примеры и задачи), учебно-методическое пособие для студентов строительных специальностей/ М.К. Балыкин [и др.]. — Минск: БНТУ, 2008. — 365 с.
7. Тимошенко, С.П. Теория упругости / С.П. Тимошенко, Дж. Гудьер. — М.: Наука, 1975. — 576 с.
8. Самуль, В.И. Основы теории упругости и пластичности / В.И. Самуль.— М.: Высш. шк., 1982. — 264 с.
9. Варвак, П.М. Справочник по теории упругости / П.М. Варвак, А.Ф. Рябов; под ред. П.М. Варвака. — Киев: Будівельник, 1971. — 418 с.
10. Рочняк, О.А. Основы теории упругости: учебное пособие для студентов строительных специальностей вузов / О.А. Рочняк, В.Г. Федоров, В.М. Хвисевич. — Брест: Изд-во БГТУ, 2001. — 150 с.
11. Старовойтов, Э.И. Сопротивление материалов / Э.И. Старовойтов. - Гомель: БелГУТ, 2004. —376 с.
12. Сборник задач по сопротивлению материалов/ Н.М. Беляев [и др.]; под общ. ред. В.К. Качурина. — М.:Наука, 1972. — 431 с.
13. Подскребко, М.Д. Сопротивление материалов. Практикум по решению задач: учеб. пособие / М.Д. Подскребко. — Минск: Выш.шк., 2009.- 688 с.
14. Сборник задач по сопротивлению материалов с примерами решения / сост.: Е.А. Евсеева, С.И. Зиневич, М.В.Югова. — Минск: БНТУ, 2017. — 274 с.
15. Вербицкая, О.Л. Сопротивление материалов. Пособие по выполнению лабораторных работ для студентов строительных специальностей. Часть 1 /О.Л.Вербицкая, С.И.Зиневич, Л.И.Шевчук.— Минск, БНТУ, 2014. — 138 с.

16. Вербицкая, О. Л. Сопротивление материалов : пособие по выполнению лабораторных работ для студентов строительных специальностей : в 2 ч. / О. Л. Вербицкая, С. И. Зиневич, Л. И. Шевчук ; Белорусский национальный технический университет, Кафедра "Сопротивление материалов и теория упругости". – Минск : БНТУ, 2016. – Ч. 2. – 87 с.

17. Сборник задач для расчетно-проектировочных работ по дисциплине «Сопротивление материалов» для студентов строительных специальностей / сост.: С.И. Зиневич [и др.]. – Минск, 2012. – 108 с.

18. Сопротивление материалов и теория упругости [Электронный ресурс] : учебно-методический комплекс для студентов специальности 1-70 03 01 "Автомобильные дороги" / Белорусский национальный технический университет, кафедра "Сопротивление материалов и теория упругости" ; сост.: Е. А. Евсеева, Л. И. Шевчук, М. В. Югова. - Минск : БНТУ, 2016.

19. Сопротивление материалов : Учебно-методическое пособие для студентов строительных специальностей : в 2 ч. / С. И. Зиневич [и др.] ; Белорусский национальный технический университет, кафедра "Сопротивление материалов и теория упругости". – Минск : БНТУ, 2016. – Ч. 1: Краткая теория. Примеры. – 346 с.

20. Сопротивление материалов : Учебно-методическое пособие для студентов строительных специальностей : в 2 ч. / С. И. Зиневич [и др.] ; Белорусский национальный технический университет, кафедра "Сопротивление материалов и теория упругости". – Минск : БНТУ, 2017. – Ч. 2 : Сборник задач. –196 с. : ил., табл.

21. Электронный учебно-методический комплекс по учебной дисциплине «Сопротивление материалов и теория упругости» для студентов специальности 7-07-0732-03 «Строительство транспортных коммуникаций» / Белорусский национальный технический университет, кафедра «Математические методы в строительстве»; сост.: Е. А. Евсеева, Л. И. Шевчук, М. В. Югова. – Минск : БНТУ, 2025.

Примерный перечень тем практических занятий

1. Определение внутренних сил и напряжений в поперечных сечениях стержня при осевом растяжении (сжатии). Метод сечений.

2. Определение деформаций (перемещений) стержня переменного сечения (ступенчатого стержня) при осевом растяжении (сжатии).

3. Определение внутренних сил, напряжений и деформаций в элементах плоской стержневой системы.

4. Расчет на прочность и жесткость короткого стержня и элементов шарнирной стержневой системы при осевом растяжении (сжатии).

5. Исследование плоского напряженного и деформированного состояний в точке. Круг Мора.

6. Исследование объемного напряженного и деформированного состояний в точке.

7. Проверка наступления предельных состояний в точках тела, испытывающего плоское напряженное состояние. Теории прочности.

8. Определение геометрических характеристик плоских сечений сложной геометрической формы.

9. Определение геометрических характеристик составных сечений. Круг инерции. Эллипс инерции.

10. Расчет заклепочных (болтовых) и сварных соединений.

11. Расчет вала круглого или кольцевого сечения на прочность и жесткость при кручении.

12. Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов в балках с использованием аналитических выражений.

13. Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов в балках способом характерных сечений.

14. Построение эпюр продольных сил, поперечных сил и изгибающих моментов в простых плоских рамах.

15. Расчет балки на прочность и исследование напряженного состояния в опасных точках ее сечения (нормальные, касательные, главные и максимальные касательные напряжения).

16. Определение прогибов и углов поворота сечений балок методом начальных параметров.

17. Определение прогибов и углов поворота сечений балок методом Максвелла–Мора (перемножение эпюр способом Верещагина).

18. Расчет на прочность и жесткость статически неопределимого ступенчатого стержня с учетом температурных и кинематических воздействий.

19. Расчет статически неопределимой плоской стержневой системы от нагрузки, температурных и кинематических воздействий. Регулирование напряжений.

20. Расчет на прочность статически неопределимых балок методом сил.

21. Расчет балки при косом изгибе (проверка по условию прочности, подбор сечений с использованием приведенного изгибающего момента).

22. Исследование распределения напряжений в поперечном сечении внецентренно сжатой колонны (нулевая линия, опасные точки, ядро сечения).

23. Расчет вала, подверженного кручению с изгибом по третьей и четвертой теориям прочности.

24. Расчет элемента круглого (кольцевого) сечения пространственной стержневой системы, испытывающего сложное сопротивление.

25. Определение критической сжимающей силы и несущей способности прямого стержня при продольном изгибе.

26. Расчет балки на поперечный удар.

27. Расчет стержневых систем с учетом пластичности материала.

28. Определение главных напряжений и положения главных площадок.

29. Определение главных деформаций и положения главных осей.

30. Расчет пластин с использованием основных уравнений теории упругости.

31. Решение плоских задач теории упругости.

32. Расчет прямоугольных и круглых пластин.

33. Решение задач теории упругости методом конечных элементов.

34. Численные методы решения задач ползучести.

Примерный перечень тем лабораторных занятий

1. Изучение методов определения деформаций (напряжений) и машин для испытания материалов.

2. Испытание на растяжение образцов стали.

3. Испытание стали, чугуна, пластмасс и дерева на сжатие.

4. Определение модуля продольной упругости и коэффициента поперечной деформации для стали и других материалов.

5. Испытание материалов на твердость.

6. Испытание образцов на кручение, определение модуля сдвига.

7. Испытание балки на изгиб, проверка гипотезы о плоских сечениях,

8. Испытание балки на изгиб, определение напряженного состояния в опасных точках.

9. Испытание балки на изгиб, определение деформаций.

10. Опытное подтверждение теоремы о взаимности перемещений.

11. Исследование статически неопределимой балки.

12. Исследование балки при косом изгибе, определение напряжений в опасном сечении.

13. Исследование балки при косом изгибе, определение деформаций.

14. Исследование стержня при внецентренном растяжении, определение напряжений и положения нейтральной (нулевой) линии.

15. Исследование прямого сжатого стержня на устойчивость, определение критической силы.

16. Определение ударной вязкости пластических и хрупких материалов.

17. Методика испытания на ползучесть и длительную прочность.

Перечень рекомендуемых средств диагностики результатов учебной деятельности

Для оценки достижений студента рекомендуется использовать следующий диагностический инструментарий:

- устный и письменный опрос во время практических занятий;
- проведение текущих самостоятельных работ (заданий) по отдельным темам;
- защита выполненных на лабораторных занятиях работ;
- защита выполненных в рамках самостоятельной работы индивидуальных заданий;
- сдача экзамена по дисциплине.

Примерный перечень контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы студентов

1. Расчет статически определимого стержня и шарнирно стержневых систем.
2. Определение геометрических характеристик поперечных составных сечений и сечений сложной формы.
3. Расчет вала круглого поперечного сечения на кручение.
4. Определение внутренних сил в статически определимых балках при поперечном изгибе. Построение эпюр внутренних сил.
5. Расчет статически определимых балок на прочность при плоском поперечном изгибе.
6. Расчет статически определимых балок на жесткость (метод начальных параметров).
7. Расчет простейших статически неопределимых стержневых систем.
8. Расчет статически неопределимой балки методом сил (раскрытие статической неопределимости, построение эпюр внутренних сил, подбор сечения).
9. Расчет балки на косой изгиб, (проверка по условию прочности и жесткости).
10. Расчет короткой колонны на внецентренное сжатие при разных расчетных сопротивлениях материала растяжению и сжатию.
11. Расчет стержня с пространственной ломаной осью, подбор сечения стержня из условия прочности по третьей или по четвертой теории прочности.
12. Расчет сжатого гибкого стержня на устойчивость (подбор сечения, определение критической сжимающей силы).
13. Исследование напряженного состояния в точке тела.
14. Решение плоской задачи теории упругости в полиномах.
15. Изгиб пластинок (прямоугольных, круглых или кольцевых)

Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы студентов

При изучении дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- решение индивидуальных задач;
- подготовка рефератов по индивидуальным темам;
- подготовка сообщений, тематических докладов, презентаций по заданным темам;
- составление тематической подборки литературных источников, интернет-источников;
- проработка тем (вопросов), вынесенных на самостоятельное изучение.