

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сахалинский государственный университет»

Кафедра строительства

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель основной
профессиональной
образовательной программы



Новиков Д.Г.

"27" мая 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Дисциплины (модуля)

«Б1.О.04.04 Сопротивление материалов»

Уровень высшего образования
БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки
08.03.01 Строительство

Профиль
Промышленное и гражданское строительство

Квалификация
бакалавр

Форма обучения
очная

РПД адаптирована для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Южно-Сахалинск, 2025 г.

Рабочая программа дисциплины Б1.О.04.04 «Сопротивление материалов» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство», профиль «Промышленное и гражданское строительство»

Программу составил:
Новиков Д.Г., к.т.н., доцент



Рабочая программа дисциплины Б1.О.04.04 «Сопротивление материалов» утверждена на заседании кафедры строительства № 9 от «27» мая 2025 г.

и.о. заведующего кафедрой Новиков Д.Г.



1. Цель и задачи дисциплины

Цель дисциплины – формирование знаний в области теоретических представлений о принципах и методах расчета элементов строительных конструкций и практических навыков их проектирования и конструирования.

Изучение дисциплины должно способствовать формированию основ научного мышления, в том числе: пониманию границ применимости технических понятий и теорий; умению оценивать степень достоверности результатов теоретических и экспериментальных исследований, умению обрабатывать результаты экспериментов с использованием современных методов.

Задачи дисциплины:

- изучение основных понятий и стандартных подходов в области проектирования и эксплуатации типовых конструкций и деталей технических систем;
- изучение основных закономерностей деформирования твердых тел под действием системы сил, формирование понятий о прочности, жесткости и устойчивости типовых конструкций и отдельных ее элементов;
- формирование навыков проектирования конструкций, связанных с выбором геометрических размеров и материала из условия обеспечения прочности, жесткости и устойчивости, и выполнения расчетов при оценке технического состояния строительных конструкций.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Соппротивление материалов» относится к базовой части блока Б1 «Дисциплины (модули)» учебного плана и является обязательной для изучения.

Пререквизиты дисциплины (модуля): базируется на дисциплинах учебного плана подготовки бакалавров, предшествующих указанной дисциплине: «Математика», «Физика», «Материаловедение» и др.

Постреквизиты дисциплины: является базой для изучения и освоения дисциплин «Основы строительных конструкций», «Строительная механика», «Обследование, испытание и реконструкция зданий и сооружений», «Основания и фундаменты» и др.

3. Формируемые компетенции и индикаторы их достижения по дисциплине

Коды компетенции	Содержание компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ОПК-1	Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе использования теоретических и практических основ естественных и технических наук, а также математического аппарата	ОПК-1.1 Знать: особенности моделирования математических, физических и химических процессов, предназначенные для конкретных технологических процессов. ОПК-1.2 Уметь: применять законы естественнонаучных дисциплин, правила построения технических схем и чертежей. ОПК-1.3 Владеть: навыками интерпретации данных физических исследований, технико-экономического анализа, навыками составления рабочих проектов в составе творческой команды.

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (108 академических часов).

Вид работы	Трудоемкость, акад. часов	
	4 Семестр	Всего
Общая трудоемкость	108	108
Контактная работа:	54	54
Лекции	16	16
Практические занятия	32	32
Контактная работа в период теоретического обучения (КонтТО): проведение текущих консультаций по подготовке к лекционным и практическим работам, ИРС	5	5
Самостоятельная работа:	28	28
самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, ГОСТов, ТУ, СП и др., изучение технологических схем)		
подготовка к практическим занятиям		
подготовка к Экзамен	26	26

4.2. Распределение видов работы и их трудоемкости по разделам дисциплины

№ п / п	Раздел дисциплины/темы	Семестр	Виды учебной работы (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации
			Контактная			СР	
			Лекции	ПЗ	Конт		
1	Раздел 1. Введение.	4	2	4	5	4	Блиц-опрос, доклад-презентация, собеседование, тестирование, практическое задание
2	Раздел 2. Виды испытаний материалов	4	4	4		4	Блиц-опрос, доклад-презентация, собеседование, тестирование, практическое задание
3	Раздел 3. Осевое растяжение - сжатие	4	4	6		4	Блиц-опрос, доклад-презентация, собеседование, тестирование, практическое задание
4	Раздел 4. Теория сложного напряженно-деформированного состояния (НДС) твердого тела	4	2	6		4	Блиц-опрос, доклад-презентация, собеседование, тестирование, практическое задание
5	Раздел 5. Геометрические характеристики плоских сечений	4	2	6		6	Блиц-опрос, доклад-презентация, собеседование, тестирование, практическое задание
6	Раздел 6. Плоский изгиб	4	2	6		6	Блиц-опрос, доклад-презентация, собеседование, тестирование, практическое задание
	Экзамен	4					Устно по билетам
	Итого: 108		16	32	5	28	

4.3. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Введение.

Задачи и методы сопротивления материалов. Реальный объект и расчетная схема. Связи и опорные устройства. Внешние и внутренние силы. Метод сечений. Напряжения. Перемещения и деформация. Закон Гука и принцип независимости действия сил. Допущения, применяемые в сопротивлении материалов. Общие принципы расчета конструкции.

Раздел 2. Виды испытаний материалов.

Объекты испытаний. Требования к образцам и их классификация. Структура испытательных комплексов. Узлы испытательных машин. Машины для статических испытаний. Машины для испытаний на усталость. Испытание на растяжение-сжатие. Диаграммы испытаний. Стенды для испытания натуральных конструкций. Тензометрические методы измерения деформаций.

Раздел 3. Осевое растяжение - сжатие.

Продольные силы в поперечных сечениях. Напряжение в поперечных сечениях стержня. Деформации и перемещения. Закон Гука. Потенциальная энергия деформации. Напряженное и деформированное состояние при растяжении и сжатии. Расчеты на прочность и жесткость при растяжении (сжатии). Расчеты статически определимых стержней. Учет собственного веса при растяжении и сжатии. Подбор сечений с учетом собственного веса (при растяжении и сжатии). Деформации при действии собственного веса. Понятие о статически неопределимых системах. Расчет конструкций по допускаемым нагрузкам. Расчет гибких нитей.

Раздел 4. Теория сложного напряженно-деформированного состояния (НДС) твердого тела

Напряжённое и деформированное состояние частицы тела. Общий случай НДС. Обобщённый закон Гука-Коши. Определение напряжений на произвольно ориентированной площадке. Главные оси и главные напряжения в плоских задачах. Главные деформации в плоских задачах. Главные нормальные напряжения и направления в общем случае объёмного напряжённого состояния. Общее решение кубического уравнения для определения главных напряжений. Эллипсоид напряжений Ламе. Круги напряжений Мора. Напряжения на октаэдрических площадках. Главные деформации и сдвиги. Общее решение кубического уравнения для определения главных деформаций. Дифференциальные уравнения равновесия Коши. Уравнение совместности деформаций. Кручение призматических стержней произвольного поперечного сечения. Кручение стержня эллиптического сечения. Кручение стержня прямоугольного сечения. Кручение стержня треугольного сечения.

Раздел 5. Геометрические характеристики плоских сечений

Площадь плоских сечений. Статические моменты сечения. Моменты инерции плоских сечений простой формы. Моменты инерции простых сечений. Моменты инерции сечений сложной формы. Изменение моментов инерции сечения при повороте осей координат. Главные оси инерции и главные моменты инерции. Понятие о радиусе и эллипсе инерции сечения. Моменты сопротивления. Стандартные прокатные профили. Алгоритм расчета геометрических характеристик плоских сечений.

Раздел 6. Плоский изгиб

Механические испытания на изгиб. Построение эпюр поперечной силы и изгибающего момента. Основные дифференциальные соотношения теории изгиба. Примеры построения эпюр внутренних силовых факторов для консольных балок. Примеры построения эпюр внутренних силовых факторов для балок на двух опорах. Другие подходы к построению эпюр внутренних силовых факторов. Напряжение при чистом изгибе. Касательные напряжения при поперечном изгибе. Главные напряжения при изгибе. Рациональные формы поперечных сечений при изгибе. Полная проверка прочности. Опасные сечения и опасные точки.

Перемещения при изгибе балок. Пределы применимости приближенной теории изгиба балок. Интегрирование дифференциального уравнения изогнутой оси балки методом начальных параметров А. Н. Крылова. Простейшие статически неопределимые задачи при изгибе. Метод сравнения (наложения) перемещений. Изгиб балок переменного поперечного сечения. Балка равного сопротивления. Балка на упругом основании. Изгиб составных балок.

4.4 ТЕМЫ И ПЛАНЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Занятие 1 (2 ч.) Тема «Изучение диаграммы растяжения. Определение механических характеристик малоуглеродистой стали»

Цель работы:

1. Получить диаграмму растяжения;
2. Определить характеристики прочности материала;
3. Определить характеристики пластичности материала.

Ход работы:

1. Изучить теоретические основы работы (характеристики прочности, пластичности и вязкости материалов; понятия: предел пропорциональности; предел упругости; предел текучести; предел прочности; разрушающее напряжение)
2. Изучить диаграмму растяжения (6 различных зон деформирования: зону пропорциональности (линейной упругости); зону нелинейной упругости; зону упругопластических деформаций; зону текучести (пластических деформаций); зону упрочнения; зону закритических деформаций).
3. Изучить порядок выполнения эксперимента и обработки результатов испытаний

4. Ответить на контрольные вопросы к защите работы:

1. Какова цель лабораторной работы?
2. На какой машине проводятся испытания? Опишите её конструкцию.
3. Как работают силоизмерительное и записывающее устройство?
4. Какие по форме поперечного сечения образцы предусматривает ГОСТ 1497-84?
5. Какое соотношение между диаметром и длиной рабочей зоны образца предусматривает ГОСТ 1497-84?
6. Для чего нужна диаграмма растяжения материала, и в каких координатах она строится?
7. Почему диаграмму растяжения следует называть параметрической?
8. Почему за ось абсцисс при построении диаграммы растяжения принимают абсолютное удлинение?
9. С какой целью обращают функциональную зависимость нагрузки от удлинения?
10. Какой вид имеет диаграмма растяжения малоуглеродистой стали?
11. Сколько характерных зон деформирования имеет диаграмма растяжения?
12. Как называют зоны деформирования диаграммы растяжения?
13. Как проходит процесс деформирования на различных участках диаграммы?
14. Почему диаграмма растяжения, полученная на машине, имеет начальный криволинейный участок O_1A ?
15. Что характеризует диаграмма растяжения, построенная в координатах $F - \Delta l$: свойства образца данных размеров или свойства материала?
16. Как определяется начало координат машинной диаграммы $F - \Delta l$?
17. От каких факторов зависят механические характеристики материалов?
18. На какие группы делят механические характеристики?
19. Какую реакцию твёрдых тел измеряют механическими характеристиками прочности?
20. Что относят к характеристикам прочности?
21. Как отличают истинное разрушающее напряжение от условного?
22. Для какого участка диаграммы справедлив закон Гука?
23. Что называется пределом пропорциональности?
24. Что называется пределом упругости?
25. Что называется пределом текучести?

26. Что называется площадкой текучести и при испытании каких материалов она бывает на диаграмме растяжения?
27. Покажите на диаграмме растяжения зону упругости и объясните ее суть.
28. Что называется пределом прочности?
29. Как определить параметры, характеризующие пластичность материала?
30. Что подразумевается под истинным напряжением?
31. Объясните, почему образец разрушается при нагрузке меньшей, чем максимальная.
32. Из каких частей состоит полная деформация и чему она равна?
33. Для каких материалов определяют условный предел текучести? Какова методика его расчета?
34. Какие деформации называют упругими и какие остаточными (пластическими)? Как их определить на диаграмме растяжения?
35. Чем отличаются друг от друга диаграммы растяжения при пластичном и хрупком разрушении материалов?
36. Что называют наклёпом? Как изменяются механические свойства материала после наклёпа?
37. Как используют в технике явление наклёпа? Приведите примеры.
38. Когда появляется шейка на образце?
39. Какой точке диаграммы растяжения соответствует момент зарождения шейки образца?
40. Чем характеризуется удельная работа разрыва и как её определяют?
41. На основании каких данных испытаний определяют марку стали?
42. Какую способность твёрдых тел измеряют характеристикой вязкости?
43. Что является количественным показателем вязкости материала?
44. Какими размерами характеризуют пропорциональный образец?
45. На какую величину восстанавливаются размеры образца после его разрыва?

Занятие 2 (4 ч.) Тема «Опытная проверка закона Гука. Определение модуля упругости первого рода и коэффициента Пуассона».

Цель работы:

1. Проверить в пределах упругости линейность связи деформации и нагрузки.
2. Определить числовые значения упругих постоянных E (модуля упругости первого рода) и μ (коэффициента Пуассона) для стали.
3. Выяснить при этом физический смысл этих постоянных.

Ход работы:

1. Изучить теоретические основы работы (принцип работы разрывной машины с силоизмерительным устройством УМ-5; принцип работы тензометра – прибора для измерения упругих удлинений, принцип работы штангенциркуля).
2. Изучить порядок выполнения эксперимента и обработки результатов испытаний
3. Сравнить опытные и теоретические значения модуля упругости и коэффициента Пуассона.

4. Ответить на контрольные вопросы к защите работы:

1. Какова цель практической работы?
2. На какой машине выполняется практическая работа? Какой используется образец?
3. Как устроен рычажный тензометр? Что им измеряют? Что такое коэффициент увеличения тензометра?
4. Что называют базой рычажного тензометра?
5. С какой целью к образцу прикладывают начальную нагрузку?
6. Что такое ступень нагружения?
7. Как вычисляют коэффициент увеличения тензометра?
8. Как определяется наибольшая нагрузка, прикладываемая к образцу?
9. Что собой представляет центральное растяжение - сжатие?
10. Напишите формулу для определения нормальных напряжений при центральном растяжении.
11. Как записывается формула абсолютного удлинения бруса при растяжении? Что такое жесткость сечения бруса при растяжении?

12. Что происходит с поперечными размерами бруса при его растяжении в продольном направлении?
13. Что собой представляет относительная линейная деформация?
14. Что представляют собой относительная продольная и поперечная деформации?
15. Что такое коэффициент Пуассона? Каковы пределы его изменения?
16. Какие свойства материала характеризует коэффициент Пуассона?
17. Напишите закон Гука при растяжении (сжатии). Связь каких величин отражает закон Гука?
18. Что такое изотропия материалов?
19. Какие упругие постоянные характеризуют изотропные материалы?
20. Сколько линейно независимых упругих постоянных имеют изотропные материалы?
21. Как можно характеризовать сталь по её монокристаллическому и поликристаллическому строению?
22. Какие свойства материала характеризует модуль Юнга?
23. Как записывают закон Гука при растяжении или сжатии в дифференциальной форме?
24. Как находят модуль Юнга?
25. Как вычисляют напряжение при растяжении?
26. Как определяют относительную продольную деформацию опытным путём?
27. Что представляют собой модуль упругости E ? Каков его физический смысл?
28. Какие размерности имеют упругие постоянные E и μ ?
29. Как найти из эксперимента величины относительных линейных деформаций в продольном и поперечном направлениях?
30. Можно ли определить из проведенных испытаний величину абсолютной линейной деформации в продольном направлении?
31. Можно ли определить из проведенных испытаний величину абсолютной линейной деформации в поперечном направлении?
32. Какие свойства материала характеризует модуль сдвига?
33. Как записывают закон Гука при сдвиге в дифференциальной форме?
34. Какая зависимость существует между упругими постоянными изотропного материала?
35. Какие средние значения имеют упругие постоянные стали?
36. С какой целью соединяют последовательно датчики, наклеенные на противоположных гранях образца?
37. Какие деформации могут внести существенные погрешности в результате опыта?

Занятие 3 (4 ч.) Тема «Испытание материалов на сжатие. Определение механических характеристик материалов».

Цель работы:

1. Рассмотреть диаграммы сжатия чугуна, дерева, меди.
2. Определить характеристики прочности этих материалов.
3. Определить характеристики пластичности материалов.

Ход работы:

1. Изучить теоретические основы работы (принцип работы разрывной машины с силоизмерительным устройством Р-10; принцип работы штангенциркуля).
2. Определить характеристики пластичности.
3. Изучить следующие стандарты: испытание на сжатие для стали и чугуна - ГОСТ 25.503-80, испытание на сжатие для бетона - ГОСТ 10.180-90, испытание на сжатие для древесины - ГОСТ 16483.10-73 (вдоль волокон) и ГОСТ 16483.11-72 (поперек волокон).
4. Изучить порядок выполнения эксперимента и обработки результатов испытаний.
5. Сравнить опытные и теоретические значения характеристик материала.

6. Ответить на контрольные вопросы к защите работы:

1. Какова цель практической работы?
2. На какой машине выполняется работа?
3. Для чего нужна машинная диаграмма сжатия? В каких координатах получают ее при испытаниях?
4. Чем отличаются диаграммы сжатия пластичных и хрупких материалов?
5. Что собой представляет центральное сжатие?
6. Запишите формулу для определения нормальных напряжений при центральном сжатии.

7. Что собой представляет изотропный материал?
8. Что собой представляет анизотропный материал?
9. Приведите пример из техники с рациональным использованием анизотропных свойств материала.
10. Какие явления можно ожидать по сравнению с обычным испытанием стального образца на сжатие, если торцевые поверхности образца смазать машинным маслом?
11. Чем характерны площадки, наклоненные под углом $\alpha = 45^\circ$ к продольной оси центрально сжатых стержней?
12. Назовите характерные особенности испытания пластичных материалов на сжатие.
13. Назовите характерные особенности испытания хрупких материалов на сжатие.
14. Назовите механические характеристики, которые можно определить для пластичного материала при испытании на сжатие.
15. Назовите механические характеристики, которые можно определить для хрупкого материала при испытании на сжатие.
16. Какой вид имеет диаграмма сжатия стали и в чем ее отличие от диаграммы растяжения? В чем суть эффекта Баушингера?
17. Какой вид имеют диаграммы сжатия чугуна и бетона? Назовите характерные особенности разрушения образцов из этих материалов.
18. Какой вид имеет диаграмма сжатия дерева вдоль и поперек волокон? Как дерево разрушается при сжатии и в каком направлении обладает лучшими механическими свойствами?
19. Какие механические характеристики материала можно определить при испытании на сжатие стали, чугуна, бетона и дерева? Как эти характеристики соотносятся с характеристиками, полученными при испытании на растяжение?
20. Какие характерные особенности разрушения проявляются у образцов из стали, чугуна и дерева при испытании на сжатие?
21. Какие механические характеристики материалов получают при испытании на сжатие пластичных материалов? Хрупких? Анизотропных?
22. Отличаются ли значения пределов текучести при сжатии и растяжении образцов из малоуглеродистой стали?
23. Что происходит с образцом из дерева при испытании нагружением поперек волокон? Можно ли образец довести до полного разрушения?
24. Почему образцы из малоуглеродистой стали и чугуна при сжатии приобретают бочкообразную форму? Почему это не возникает при сжатии бетонных и деревянных образцов?
25. Как на практике использовать результаты, полученные при испытании указанных материалов на сжатие?
26. Можно ли оценить механические свойства материалов непосредственно по машинной диаграмме?
27. В чем отличие в поведении стального образца при испытании на сжатие от испытания его на растяжение?
28. Как определить предельную нагрузку при сжатии образца из дерева вдоль и поперек волокон?

Занятие 4 (2 ч.) Тема «Испытание материалов на кручение. Определение модуля упругости второго рода (модуля сдвига)».

Цель работы:

1. Построить диаграмму кручения образца.
2. Определить характеристики прочности материалов при кручении.
3. Проанализировать характер разрушения стального и деревянного образца (дать объяснение такому разрушению).
4. Определить значение модуля упругости второго рода (модуля сдвига) G для стали.

Ход работы:

1. Изучить теоретические основы работы (принцип работы испытательной машины на кручение КМ-50; принцип работы экстензометра; принцип работы штангенциркуля).
2. Изучить порядок выполнения эксперимента и обработки результатов испытаний.
3. Вычисление модуля сдвига G .
4. Оценку точности найденного значения G .
5. Сравнить опытные и теоретические значения характеристик материала.

6. Ответить на контрольные вопросы к защите работы:

1. Какова цель практической работы?
2. При каком нагружении прямой брус испытывает деформацию кручения?
3. Какое правило знаков принято для крутящих моментов?
4. Что называется углом закручивания?
5. Какое напряженное состояние возникает в каждой точке образца при кручении?
6. Как выражается закон Гука при кручении?
7. По каким формулам можно определить модуль упругости второго рода?
8. Как опытным путем определяется модуль упругости второго рода?
9. Как определяется угол закручивания образца экспериментально?
10. Какие измерительные приборы и приспособления при этом применяются?
11. Что называется жесткостью поперечного сечения бруса при кручении?
12. Какова размерность жесткости поперечного сечения.
13. Какие факторы влияют на величину угла закручивания?
14. Во сколько раз изменится величина угла закручивания, если диаметр образца уменьшится вдвое?
15. По какой формуле определяется полярный момент сопротивления для круглого вала сплошного сечения и для вала кольцевого сечения?
16. Объясните схематическое устройство и принцип работы испытательной машины типа КМ-50?
17. Каким образом осуществляется изменение диапазона нагрузок /моментов/ на машине КМ-50?
18. Объясните назначение и устройство экстензометра. Как он работает?
19. Какие напряжения возникают в поперечном сечении круглого вала при кручении? Как они направлены? По какому закону распределяются?
20. Напишите формулу для определения касательных напряжений.
21. Возникают ли какие напряжения в продольных сечениях вала, проходящих через его ось? Если да, то как это доказать?
22. Какое напряженное состояние возникает в каждой точке круглого бруса при кручении?
23. Возникают ли по какому-либо сечению круглого вала нормальные напряжения при кручении?
24. Как разрушается при кручении круглый образец из пластичного материала? Какие напряжения вызывают это разрушение?
25. Почему диаграмма кручения стального образца не имеет нисходящего участка?
26. Как разрушается при кручении круглый образец из хрупкого материала (чугун)? Почему?
27. Как разрушается при кручении круглый образец из дерева? Почему?
28. Какие материалы лучше сопротивляются скручиванию?
29. Какое напряжённое состояние называют чистым сдвигом?
30. Как вычисляются напряжения при кручении и как они распределяются в поперечном сечении образца при упругом и при пластическом деформировании?
31. Как опытным путем определяют угол закручивания на расчетной длине l образца?
32. Что называют базой измерения угла закручивания?
33. Какие свойства материала характеризует модуль сдвига?
34. Какая зависимость существует между величинами E , G и μ ?
35. Каковы отличительные особенности диаграмм кручения стержней из пластичных и хрупких материалов?
36. Почему при испытании образцов крутящий момент наращивают равными ступенями?
37. Какие характеристики прочности можно получить при испытании образцов из пластичных и хрупких материалов?
38. С какой целью перед началом испытаний производят предварительное нагружение образца?
39. Каким деформациям образца соответствует начальный участок диаграммы кручения?
40. Как выбирают степень нагружения образца при кручении?

Занятие 5 (2 ч.) Тема «Испытание материалов на сдвиг».

Цель работы:

1. Определить предел прочности на срез для металлов (сталь, дюралюминий) и предела прочности на скалывание и срез для дерева.

Ход работы:

1. Изучить теоретические основы работы (принцип работы разрывной машины с силоизмерительным устройством Р-10; принцип работы штангенциркуля; принцип работы микрометра).

2. Изучить порядок выполнения эксперимента и обработки результатов испытаний.

3. Сравнить опытные и теоретические значения характеристик материала.

Занятие 6 (2 ч.) Тема «Определение линейных и угловых перемещений поперечных сечений статически определимой балки».

Цель работы:

1. Определить величины прогибов и углов поворота некоторых сечений балки при плоском поперечном изгибе и сравнение полученных величин перемещений с их теоретическими значениями.

Ход работы:

1. Изучить теоретические основы работы (принцип работы специальной машины, состоящей из двух опор, укрепленных на неподвижной станине; принцип работы стрелочного индикатора; принцип работы штангенциркуля).

2. Изучить порядок выполнения эксперимента;

3. Изучить пример обработки опытных данных.

4. Произвести теоретический расчет перемещений балки, определить линейные и угловые перемещения при помощи интеграла Мора, используя правило Верещагина.

5. Сравнить опытные и теоретические значения характеристик материала.

Занятие 7 (2 ч.) Тема «Опытная проверка теории косого изгиба».

Цель работы:

1. Определить опытным путем величину и направление прогиба свободного конца консоли и нормальное напряжение при косом изгибе и сравнить полученные результаты с величинами, вычисленными теоретически.

Ход работы:

1. Изучить теоретические основы работы (принцип работы специальной машины, где консольная балка прямоугольного сечения поворачивается вокруг своей продольной оси; принцип работы стрелочного индикатора; принцип работы тензометра).

2. Изучить порядок выполнения эксперимента.

3. Изучить пример обработки опытных данных.

4. Сравнить опытные и теоретические значения характеристик материала.

5. Ответить на контрольные вопросы к защите работы:

1. Какова цель данной практической работы?

2. Как устроена применяемая установка?

3. Какой изгиб называют косым? Какие виды изгибов Вы еще знаете?

4. Какие силовые факторы действуют в поперечных сечениях балки при косом изгибе?

5. Что называют плоскостью изгиба? Силовой плоскостью?

6. Какое нагружение создаёт косой изгиб балки?

7. На какие простые виды нагружения раскладывают косой изгиб?

8. Что называют нейтральной (нулевой) линией при косом изгибе балки и как она расположена относительно плоскости действия изгибающего момента (силовой плоскости)?

9. Как расположена линия полного прогиба по отношению к плоскости действия изгибающего момента? По отношению к нулевой линии сечения?

10. Как вычисляют нормальное напряжение при косом изгибе?

11. Как вычислить теоретически составляющие и суммарный прогиб конца консольной балки при косом изгибе?

12. Как будет изменяться суммарный прогиб конца консоли от действия постоянной нагрузки

при увеличении угла α ? При его уменьшении?

13. Как определяют положение нулевой линии?

14. Как определяют угол между суммарным прогибом и силовой плоскостью?

15. Как опытным путём определяют нормальное напряжение?

16. Как опытным путём определяют полный прогиб балки?

17. Почему составляющие нормального напряжения суммируют алгебраически, а составляющие прогиба – геометрически?

18. Как изменится соотношение величин прогибов, если прямоугольное сечение балки заменить круглым, квадратным?

19. Назовите формы поперечных сечений балок, для которых невозможен косой изгиб.

Занятие 8 (2 ч.) Тема «Испытание стальных образцов на продольный изгиб».

Цель работы:

1. Демонстрация явления потери устойчивости формы стержней.

2. Определение величин критических сил при продольном изгибе стержней различных размеров с разным способом закрепления концов.

3. Сопоставление установленных в опыте величин критических сил с их значениями, рассчитанными по соответствующим формулам сопротивления материалов.

Ход работы:

1. Изучить теоретические основы работы (принцип работы испытательной машины; принцип работы установки, называемой прибором Михаэлиса; принцип работы тензометра коленчато-рычажного типа; принцип работы индикатора часового типа; принцип работы штангенциркуля).

2. Изучить порядок выполнения эксперимента.

3. Сравнить опытные и теоретические значения характеристик материала.

4. Ответить на контрольные вопросы к защите работы:

1. Какова цель практической работы?

2. На какой машине выполняется работа?

3. Какие виды равновесия стержней Вы знаете?

4. Что называют критической силой?

5. Какой вид имеет формула Эйлера для определения величины критической силы?

6. Почему в формулу Эйлера входит минимальный момент инерции поперечного сечения стержня?

7. От чего зависит значение коэффициента приведения длины μ ?

8. Что такое гибкость стержня λ ? Как ее определяют?

9. Что называют предельной гибкостью?

10. Какова методика определения опытного значения критической силы?

11. Почему необходимо определять модуль продольной упругости материала образцов перед проведением испытаний?

Занятие 9 (2 ч.) Тема «Испытание стальной трубы на изгиб с кручением».

Цель работы:

Определение опытным путем величины и направления главных напряжений в поверхностном слое тонкостенной трубы при кручении, а также при одновременном изгибе и кручении, и сравнение их с данными, полученными теоретическим расчетом.

Ход работы:

1. Изучить теоретические основы работы (принцип работы испытательной установки типа СМ-18А; принцип работы тензодатчиков).

2. Изучить порядок выполнения эксперимента.

3. Произвести теоретический расчет главных напряжений при кручении с изгибом.

4. Сравнить опытные и теоретические значения от изгиба трубы.

5. Ответить на контрольные вопросы к защите работы:

1. Какова цель данной практической работы?

2. Как устроена установка СМ-18А?
3. Как устроен проволочный тензодатчик? Объясните принцип его работы?
4. Что называют «розеткой» тензодатчиков?
5. Из каких простых видов нагружения состоит изгиб с кручением?
6. Как определяют нормальные напряжения при чистом изгибе?
7. Как определяют касательные напряжения при кручении?
8. Что собой представляет напряжённое состояние в точке при изгибе с кручением?
9. Какие напряжения возникают в поперечном сечении трубы при изгибе с кручением? – при кручении?
10. По каким формулам определяют теоретические напряжения на поверхности трубы при изгибе и при кручении?
11. Какие виды напряженных состояний Вы знаете? Какое напряженное состояние называют плоским?
12. Какое напряженное состояние называют чистым сдвигом?
13. Какие линейные деформации называют главными деформациями?
14. Как записывается обобщенный закон Гука?
15. Почему линейные деформации при кручении определяют с помощью датчиков, наклеенных под углом 45° к оси трубы?
16. Какие напряжения называют главными?
17. Какая зависимость существует между касательными напряжениями в поперечном сечении бруса при кручении и главными напряжениями?
18. Как нагрузить установку, чтобы труба испытывала изгиб и кручение? – только кручение?
19. Как теоретически определить главные напряжения при изгибе с кручением?
20. По каким формулам определяют опытным путем величину главных напряжений при изгибе с кручением?
21. Какова размерность крутящего и изгибающего моментов?
22. Как находят опасное сечение круглого бруса при изгибе с кручением?
23. Как вычисляют главные напряжения при изгибе с кручением?
24. Как определяют положение главных площадок при изгибе с кручением?
25. Как вычисляют главные деформации при плоском напряжённом состоянии с использованием прямоугольной тензорозетки?
26. Как вычисляют положение главных площадок для случая прямоугольной тензорозетки?
27. Как определяют главные напряжения по формулам обобщённого закона Гука?

Занятие 10 (2 ч.) Тема «Проверка теории изгибающего удара».

Цель работы:

Определение динамического коэффициента при изгибающем ударе по середине пролета двухопорной балки и сравнение его с динамическим коэффициентом, полученным расчетом.

Ход работы:

1. Изучить теоретические основы работы (принцип работы испытательной установки СМ-21М; принцип работы индикатора часового типа ИЧ-10).
2. Изучить порядок выполнения эксперимента.
3. Построить эпюры динамического и статического прогибов балки.
4. Сравнить опытные и теоретические значения максимального динамического прогиба балки.

5. Ответить на контрольные вопросы к защите работы:

1. Какова цель практической работы?
2. Каково устройство установки?
3. Какое явление называется ударом и результатом чего он является?
4. Какая гипотеза лежит в основе теории удара, рассматриваемой в курсе сопротивления материалов?
5. Что называют динамическим коэффициентом при ударе?
6. Как учитывают в выражении динамического коэффициента массу упругой системы, подвергающейся удару?
7. Что такое «внезапное действие нагрузки» и чему равен динамический коэффициент при

таком ее действии?

8. Как определяют перемещения и напряжения при ударе?
9. Применением каких конструктивных мероприятий можно уменьшить напряжения при ударном действии нагрузки?
10. Зависят ли напряжения при ударе от модуля упругости материала системы, подвергающейся удару?
11. Как определяют статический прогиб балки от собственного веса?
12. Как определяют динамический прогиб балки при ударе в опыте?

Занятие 11 (2 ч.) Тема «Испытание материалов на выносливость».

Цель работы:

1. Ознакомление с методом определения предела выносливости материала.
2. Исследование влияния на его усталостную прочность концентрации напряжений.

Ход работы:

1. Изучить теоретические основы работы (принцип работы испытательной установки МУИ-6000; принцип работы микрометра).
2. Изучить порядок выполнения эксперимента.
3. Построить диаграмму испытаний стали на выносливость (диаграмма Велера).
4. Сравнить опытные и теоретические значения максимальной нагрузки, при которой произошло разрушение испытанных образцов.

5. Ответить на контрольные вопросы к защите работы:

1. Какова цель лабораторной работы?
2. Как графически показывают закон изменения циклических напряжений?
3. Какими параметрами характеризуют цикл напряжений? Как их определяют?
4. Какие параметры цикла преимущественно влияют на усталостную прочность материала?
5. Как получают диаграмму усталости материала?
6. Что понимают под пределом выносливости материала? Как его обозначают?
7. Что понимают под базой испытаний? Какие ее значения принимают для различных металлов?
8. Какова форма, чистота обработки поверхности образцов для испытаний на усталость?
9. В каком случае возникает концентрация напряжений?
10. Что понимают под эффективным коэффициентом концентрации напряжений?
11. Как теоретически вычислить коэффициент концентрации напряжений?
12. Почему в деталях из серого чугуна практически не возникает концентрация напряжений?
13. Каким образом в металлах и их сплавах уменьшить влияние концентраторов напряжений?
14. Опишите устройство и принцип действия испытательной машины.
15. Какой вид изгиба возникает в образце? Изобразите эпюру изгибающих моментов.
16. Разрушится ли образец, если при испытаниях в нем возникнут напряжения ниже предела текучести?
17. Какое практическое значение имеют испытания материалов при переменных напряжениях?
18. Выведите формулу для определения максимальной нагрузки, прикладываемой к образцу?
19. Влияет ли на величину предела выносливости выбор диаметра образца?
20. Можно ли по характеру излома определить при каких напряжениях (постоянных или переменных) проводилось испытание образца?

Занятие 12 (2 ч.) Тема «Испытание различных материалов на ударную вязкость».

Цель работы:

Изучение методики определения ударной вязкости пластических масс и других неметаллических материалов при испытании стандартных образцов на маятниковом копре.

Ход работы:

1. Изучить теоретические основы работы (принцип работы маятникового копра ХР-05; принцип работы штангенциркуля).
2. Изучить порядок выполнения эксперимента.

3. Построить зависимость ударной вязкости стали от температуры отпуска.
4. Сравнить опытные и теоретические значения удельной ударной вязкости для образцов.

5. Ответить на контрольные вопросы к защите работы:

1. Какая цель практической работы?
2. В каких случаях проводятся испытания на ударную вязкость?
3. Какие существуют методы определения работы удара?
4. Что такое удельная ударная вязкость?
5. В каких единицах измеряется удельная ударная вязкость?
6. Какие факторы влияют на величину ударной удельной вязкости?
7. О каких свойствах материала судят по величине ударной удельной вязкости?
8. Как определить энергию, запасенную маятником в самом верхнем положении?
9. Как влияет расстояние между опорами установки образца на величину удельной ударной вязкости?
10. Чем принципиально отличаются образцы из металла от образцов из других материалов?
11. Как изменится удельная ударная вязкость с изменением температуры?
12. Чем отличается маятниковый копер для определения ударной вязкости металлов от копра для испытаний неметаллических материалов?
13. Как влияет на ударную вязкость содержание в металле углерода и фосфора?
14. Что понимают под температурным интервалом хрупкости?
15. В чем состоит принцип работы маятникового копра?
16. Какие материалы подвергаются испытаниям на ударную вязкость?
17. В чем сходство и различие статических и динамических испытаний?

Занятие 13 (2 ч.) Тема «Испытания металлов на твердость».

Цель работы:

Освоить принципы работы твердомеров типа ТВ 5004 (Бринелль) и ТК (Роквелл) и приобрести навыки определения твердости материалов по Бринеллю, Роквеллу и Виккерсу.

Ход работы:

1. Изучить теоретические основы работы (принцип работы прибора Бринелля (твердомера ТВ 5004); принцип работы прибора Роквелла (твердомер ТК).
2. Изучить требования к образцам для измерения твердости; требования к режиму нагружения.
3. Изучить порядок выполнения эксперимента.
4. Сравнить опытные и теоретические значения твердости выбранных образцов.
5. Изучить краткие сведения о дополнительных методах определения твердости: твердость при царапании; упругий отскок шарика; ударное вдавливание шарика.

6. Ответить на контрольные вопросы к защите работы:

1. Что называется твердостью?
2. К каким методам относятся испытания на твердость?
3. В каких единицах измеряется твердость по Бринеллю, Виккерсу и Роквеллу?
4. В чем состоят достоинства и недостатки обоих методов?
5. Как определяется твердость по Бринеллю, Виккерсу и Роквеллу?
6. Почему используются разные инденторы?
7. Для чего применяется предварительное нагружение в методе Роквелла?
8. Как работает индикатор твердомера Роквелла?

Занятие 14 (2 ч.) Тема «Определение напряжений в стенке тонкостенного сосуда».

Цель работы:

Определение напряжений в стенке тонкостенного осесимметричного сосуда, находящегося под действием внутреннего давления, и сравнение с напряжениями, полученными расчетным путем.

Ход работы:

1. Изучить теоретические основы работы (работу тонкостенного газового сосуда; принцип работы тензометрической станции).
2. Изучить порядок выполнения эксперимента.
3. Вычислить окружное напряжение и меридиональное напряжение.
4. Сравнить опытные и теоретические значения окружного напряжения и меридионального напряжения.

5. Ответить на контрольные вопросы к защите работы:

1. Какова цель практической работы?
2. Как устроена установка?
3. Какие тензодатчики применяют в работе? Опишите их устройство.
4. Что называют тонкостенной осесимметричной оболочкой?
5. Что называют срединной поверхностью оболочки (сосуда)?
6. Как записывают уравнение Лапласа?
7. Какое соотношение существует между меридиональным и окружным напряжениями в цилиндрической тонкостенной оболочке?
8. Что означают символы: σ_t , σ_m , ρ_t , ρ_m , t , p ?
9. Как теоретически вычислить меридиональные и окружные напряжения в стенке цилиндрического сосуда?
10. Какова методика опытного определения этих напряжений?

Занятие 15 (2 ч.) Тема «Определение момента в защемлении статически неопределимой балки».

Цель работы:

Экспериментальное определение момента в защемлении статически неопределимой балки и сравнение его с моментом в защемлении, полученным теоретическим путем.

Ход работы:

1. Изучить теоретические основы работы (принцип работы установки СМ-11А).
2. Изучить порядок выполнения эксперимента.
3. Используя способ Верещагина, определить углы поворота сечения балки от силы и от момента, и вычислить теоретическое значение момента в защемлении.
4. Сравнить опытные и теоретические значения момента в защемлении.

5. Ответить на контрольные вопросы к защите работы:

1. Какова цель практической работы?
2. Каково устройство установки?
3. Какие балки называют статически неопределимыми?
4. Как определяют степень статической неопределимости балки?
5. В каком порядке производят расчет статически неопределимых балок?
6. Какими методами решаются статически неопределимые балки?
7. Что представляет собой метод сравнения перемещений, и почему его так называют? Каков его геометрический смысл?
8. Как вычисляют изгибающие моменты и поперечные силы в произвольном сечении статически неопределимой балки?
9. Как обеспечивается условие защемления балки в лабораторной установке?
10. Для чего применяют в лабораторной работе индикатор часового типа?
11. Как определяют опытным путем момент в защемлении статически неопределимой балки?
12. Как изменится величина неизвестного момента в защемлении, если балку повернуть на 90° вокруг продольной оси?
13. Что такое основная система?
14. Что такое эквивалентная система?
15. Как изменится величина неизвестного момента в защемлении, если увеличить (уменьшить) размеры поперечного сечения балки?

Занятие 16 (2 ч.) Тема «Проверка интеграла Мора на примере плоской статически неопределимой рамы».

Цель работы:

Опытное определение величины горизонтального перемещения подвижной опоры статически определимой рамы и распорного усилия статически неопределимой рамы. Сравнение этих величин с данными, полученными по теоретическим формулам.

Ход работы:

1. Изучить теоретические основы работы (принцип работы установки СМ-34М; принцип работы индикатора часового типа ИЧ-10).

2. Изучить порядок выполнения эксперимента.

3. Вычислить значение горизонтального перемещение подвижной опоры статически определимой рамы и распорное усилие статически неопределимой рамы.

4. Сравнить опытные и теоретические значения перемещения и усилия.

5. Ответить на контрольные вопросы к защите работы:

1. Какова цель практической работы?
2. Как записывается выражение для определения перемещений по методу Мора?
3. В каком порядке производится определение перемещений по формуле Мора?
4. В чем достоинства и недостатки метода Мора?
5. В чем заключается способ Верещагина для вычисления интеграла Мора?
6. Какие системы называются статически неопределимыми?
7. Что называется степенью статической неопределимости и как она вычисляется?
8. В чем сущность «метода сил»?
9. Что такое основная система? Как она выбирается? Возможен ли в данной лабораторной работе другой вариант основной системы?
10. Как записывается система канонических уравнений метода сил? Чему равно число этих уравнений?
11. Каков геометрический смысл канонического уравнения метода сил?
12. Что означает коэффициент канонического уравнения δ_{11} ? Каков смысл произведения $\delta_{11}X_1$?
13. Что означает свободный член канонического уравнения Δ_{1F} ?
14. Как убедиться, что система работает в упругой области?
15. Как опытным путем определяют распор в раме?
16. Как опытным путем определяют горизонтальное перемещение шарнирно-подвижной опоры рамы?
17. Какие внутренние усилия возникают в сечениях горизонтального участка нагруженной рамы при свободном перемещении подвижной опоры? При ее закреплении?

5 ТЕМЫ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ

1. Основные виды деформаций. Понятие напряженного и деформированного состояния в точке.
2. Метод сил, напряжения в наклонных сечениях, закон парности касательных напряжений.
3. Влияние на механические характеристики материалов различных факторов (температура, методы механической обработки и т.д.).
4. Практические расчеты на сдвиг заклепочных, сварных, клеевых и паянных соединений.
5. Определение положения главных осей.
6. Потенциальная энергия упругой деформации при кручении, статически неопределимые задачи при кручении.
7. Нормальные напряжения при изгибе; касательные напряжения при поперечном изгибе.
8. Определение деформаций при изгибе по универсальным уравнениям.
9. Пределы применимости формулы Эйлера; формула Ясинского.
10. Хрупкое и вязкое разрушение материалов.
11. Продольно – поперечный изгиб.
12. Определение коэффициента запаса прочности при переменных напряжениях; проектирование и расчеты на надежность простейших систем. Расчет по несущей способности

Вопросы для самоконтроля.

Раздел 1, 2.

1. В чем заключаются задачи курса «Сопротивление материалов»?
2. Назовите выдающихся русских ученых в области прочности материалов?
3. Что называют прочностью, жесткостью, устойчивостью детали?
4. Что такое расчетная схема объекта?
5. Укажите геометрические признаки стержня, оболочки и массивного тела.
6. Какой брус называется призматическим?
7. Изложите основные требования при проектировании машин и сооружений?
8. Какие силы в сопротивлении материалов считают внешними? Какие силы являются внутренними?
9. Какими методами определяют внешние силы? Как называют метод для определения внутренних сил?
10. Как классифицируются нагрузки, действующие на части машин и сооружений?
11. Что такое сосредоточенная сила, распределенная нагрузка и момент?
12. Какие нагрузки принято считать сосредоточенными?
13. Какое тело называют бруском? Нарисуйте любой брус и укажите ось бруса и его поперечное сечение?
14. Какие усилия включают в себя полная система внешних сил?
15. Как в сопротивлении материалов располагают систему координат?
16. Что в сопротивлении материалов называют внутренними силовыми факторами?
17. Перечислите внутренние силовые факторы.
18. Перечислите внутренние силовые факторы сечения бруса для общего случая, плоской задачи, линейной задачи?
19. Как определяются внутренние силовые факторы через внешние силы?
20. Запишите систему уравнений, используемую при определении внутренних силовых факторов в сечении?
21. Как обозначается и как определяется продольная сила в сечении?
22. Как обозначаются и как определяются поперечные силы?
23. Как обозначаются и определяются изгибающие и крутящие моменты?
24. Какие деформации вызываются каждым из внутренних силовых факторов?
25. Поясните суть метода сечений.
26. Чему равен главный вектор и главный момент внутренних сил?
27. Как определяют внутренние силовые факторы?
2. Какие основные виды деформаций вызываются внешними силами?
1. Типы деформаций.
2. Какие возможны виды деформации тела и как они связаны с внутренними силовыми факторами?
3. В чём заключается количественная оценка деформаций?
4. Перечислите простые виды сопротивление стержня.
5. Дайте определение понятия «напряжения» и какие виды напряжения вы знаете?
6. В каких единицах измеряются напряжения?
7. Чем отличаются нормальные напряжения от касательных?
8. Что оценивается величиной напряжений?
9. Что такое равнопрочная конструкция?
10. Как связаны напряжения в сечении с внутренними силовыми факторами?
11. Что называется напряжением? Какова у него размерность?
12. Какое напряжение называется нормальным и какое касательным?
13. Как связаны напряжения в сечении с внутренними силовыми факторами?
14. Как по отношению к площадке направлены нормальные и касательные напряжения? Как они обозначаются?
15. Какие напряжения возникают в поперечном сечении при действии продольных сил?
16. Какие напряжения возникают при действии поперечных сил?
17. Как выражается размерность напряжения в системе СИ и в технической системе?
18. Что называется деформацией? Какие деформации называют упругими?
19. Какие деформации относятся к простым?
20. Какие гипотезы используются при изучении курса «Сопротивление материалов»?
21. Что следует понимать под напряженным состоянием в точке?
22. Поясните, что такое линейная и угловая деформация.
23. Сформулируйте закон Гука и принцип суперпозиции.
24. Перечислите основные допущения сопротивления материалов.

25. Дайте формулировку принципа Сен-Венана?
26. Что называется абсолютным удлинением?
27. Что понимается под гипотезой плоских сечений?
28. В чем сущность и значение для расчетов принципа малости деформаций?
29. В чем заключается принцип независимости действия сил (суперпозиции), при каких условиях этот принцип имеет место, для каких целей применяется?
30. Как формулируется закон Гука?
31. Что характеризует модуль упругости первого рода? Какова его размерность?
32. Что называют абсолютной и относительной линейными деформациями?
33. Что такое коэффициент Пуассона?
34. Как записывается закон Гука для растяжения (сжатия)?
35. В чем различия между деформациями и перемещениями?
36. Как определить потенциальную энергию деформации при растяжении (сжатии)?
37. Что называют прочностью, пластичностью, упругостью, твердостью материала?
38. Что называют пределом пропорциональности, упругости, текучести, прочности (временным сопротивлением) материала?
39. Чем характеризуют пластичность материала? По какому признаку материалы делят на хрупкие и пластичные?
40. Что такое принцип начальных размеров?
41. В чем заключается гипотеза о сплошности и изотропности материалов? Какие тела называются анизотропными?
42. Дайте определение нормативного (R_n) и расчетного (R) сопротивления и опишите, как они устанавливаются?
43. Какая из механических характеристик выбирается в качестве предельного напряжения для пластичных и хрупких материалов?
44. В чем различие между предельным и допускаемым напряжениями?
45. Что называется относительной продольной и относительной поперечной деформацией? Для чего они определяются?
46. Какие напряжения считают предельными для материалов?
47. Что представляет собой коэффициент запаса прочности, с какой целью и как его назначают?
48. В чем заключается условие прочности элемента конструкции?
49. Как составляют условие жесткости для элементов конструкций?
50. В чем основное назначение определения твердости готовых деталей?
51. Какие напряжения считают предельными для материалов?
52. Что представляет собой коэффициент запаса прочности, с какой целью и как его назначают?
53. В чем заключается условие прочности элемента конструкции?
54. Что представляет собой допускаемое напряжение? Как его определяют?
55. Как составляют условие жесткости для элементов конструкции?
56. С какой целью проводятся механические испытания материалов? Какие напряжения являются опасными для пластичных и хрупких материалов?
57. Что называется допускаемым напряжением? Как оно выбирается для пластичных и хрупких материалов?
58. Что называется коэффициентом запаса прочности и от каких основных факторов зависит его величина?
59. Какие три типа расчетов встречаются при расчете прочности конструкций? Напишите условия прочности при растяжении для каждого из этих видов задач?
60. Перечислите основные принципы расчета инженерных конструкций.
61. Рабочее напряжение, возникающее в детали, равно 160 МПа, а опасное (предельное) напряжение для материала детали $\sigma_{пред} = 320$ МПа. Определить коэффициент запаса прочности?

Раздел 3.

1. Что называется стержнем?
2. Какой вид нагружения стержня называют осевым растяжением (сжатием)?
3. Какие внутренние силовые факторы возникают в сечении бруса при растяжении и сжатии?
4. Как распределяются по сечению силы упругости при растяжении и сжатии? (Использовать гипотезу плоских сечений.)

5. Как вычисляется значение продольной силы в произвольном поперечном сечении стержня?
6. Какого характера напряжения возникают в поперечном сечении при растяжении и сжатии: нормальные или касательные?
7. Как распределены нормальные напряжения в поперечных сечениях центрально-растянутого или центрально-сжатого стержня и по какой формуле они определяются?
8. Получите формулу нормальных напряжений при растяжении-сжатии? Какие предпосылки используются при выводе этой формулы?
9. Как записывается условие прочности бруса при растяжении (сжатии)? Какие виды задач решаются с помощью условия прочности?
10. В каких единицах измеряется напряжение?
11. Как изменится величина напряжения, если площадь поперечного сечения возрастет в 4 раза?
12. Как назначаются знаки продольной силы и нормального напряжения?
13. Как связаны гипотеза плоских сечений (гипотеза Бернулли) и закон распределения нормальных напряжений в поперечном сечении растянутого (сжатого) стержня?
14. Раскройте понятие эпюр продольных сил, нормальных напряжений и перемещений. Для чего они строятся?
15. Что показывает эпюра продольной силы?
16. Что представляют собой эпюры внутренних силовых факторов? С какой целью их строят?
17. Опишите технику построения эпюры продольных сил в брус, нагруженный несколькими сосредоточенными силами по оси бруса?
18. Как вычислить значение продольной силы в произвольном поперечном сечении бруса?
19. Как вычислить напряжения в поперечном сечении бруса при растяжении и сжатии? Как они распределены по поперечному сечению?
20. Как определяют абсолютное удлинение ступенчатого бруса, нагруженного несколькими силами?
21. Как определяется удлинение призматического бруса от собственного веса?
22. Какое влияние оказывает собственный вес стержня при проектировании сооружения?
23. Что понимается под брусом равного сопротивления?
24. Запишите формулы для определения удлинения бруса. Что характеризует произведение AE и как оно называется?
25. Какие деформации бруса называются абсолютными и какие относительными?
26. Что называется удлинением стержня (абсолютной продольной деформацией)? Что такое относительная продольная деформация? Каковы размерности абсолютной и относительной продольных деформаций?
27. Опишите технику определения продольных и поперечных деформаций бруса при растяжении-сжатии?
28. Стальной стержень длиной 1,5 м вытянулся под нагрузкой на 3 мм. Чему равно относительное удлинение? Чему равно относительное сужение? ($\nu = 0,25$)
29. Что характеризует модуль упругости материала? Какова единица измерения модуля упругости?
30. Что называется модулем упругости E ? Как влияет величина E на деформации стержня?
31. Что называется жесткостью поперечного сечения стержня при растяжении (сжатии)?
32. Относительные деформации и перемещения.
33. Что понимается под жесткостью при растяжении или сжатии стержня?
34. Принципы расчета на жесткость.
35. Типы задач при расчетах на жесткость.
36. Примеры влияния жесткости на работоспособность конструкции.
37. Сформулируйте закон Гука. Напишите формулы для абсолютной и относительной продольных деформаций стержня.
38. Что происходит с поперечными размерами стержня при его растяжении (сжатии)?
39. Что характеризует коэффициент поперечной деформации?
40. Что такое коэффициент Пуассона? В каких пределах он изменяется?
41. Как определяется коэффициент Пуассона?
42. Какая разница между статически определимой и статически неопределимой стержневой системой?
43. Какие системы называют статически неопределимыми? Как установить степень статической неопределимости системы?

44. В какой последовательности рассчитывают статически неопределимые системы?
45. Сколько уравнений статики нужно составить для системы сил, лежащих на одной прямой?
46. Сколько уравнений статики нужно составить для системы сил, расположенных как угодно в плоскости, но сходящихся в одной точке?
47. Сколько уравнений статики нужно составить для системы сил, расположенных как угодно в плоскости и не сходящихся в одной точке?
48. Какое влияние оказывает на стержневую статически неопределимую систему изменение температуры?
49. Как учитываются в статически неопределимых стержневых системах монтажные напряжения?
50. Как ведется расчет статически неопределимых систем по методу разрушающих нагрузок?
51. Объясните метод расчета статически неопределимых стержневых систем по предельному состоянию?
52. Во сколько раз (примерно) поперечная деформация меньше продольной при осевом растяжении (сжатии) стальных стержней?
53. При проведении испытаний были получены различные значения коэффициента Пуассона для стали: 0,15; 0,28; 0,4. Укажите, какие значения ошибочны?
54. Вычислите продольную силу, возникающую в поперечном сечении растянутого стержня, если нормальные напряжения в этом сечении равны 140 МПа, а его площадь составляет 100 мм²?
55. Определение нормальных и касательных напряжений на наклонных площадках при растяжении – сжатии. Вывод формулы.
56. Вывести формулу определения нормальных напряжений при растяжении-сжатии.

Раздел 4.

1. Что понимается под напряженным состоянием в точке твердого тела, если оно нагружено внешними силами?
2. Объясните понятие тензор напряжений?
3. Какие напряжения называются главными?
4. Чем характеризуется и как изображается напряженное состояние в точке?
5. Какие площадки и какие напряжения называют главными?
6. Чем характеризуется деформированное состояние в точке?
7. Сколькими параметрами определяется плоское напряженное состояние точки? Назовите эти параметры?
8. В каких случаях возникают предельные напряженные состояния у пластичных и хрупких материалов?
9. Сформулируйте закон парности касательных напряжений?
10. Какие существуют типы напряженного состояния в точке тела, чем они отличаются?
11. Что понимается под линейным напряженным состоянием?
12. Что понимается под плоским напряженным состоянием?
13. Что понимается под объемным напряженным состоянием?
14. Какое напряженное состояние называется пространственным (трехосным), плоским (двухосным) и линейным (одноосным)?
15. Понятие о сложном напряженном состоянии.
16. Дайте определение главных площадок и главных напряжений. Получите выражения для определения положения главных площадок и величин главных напряжений?
17. Какие площадки называются главными?
18. Соотношение между главными напряжениями.
19. Каково правило законов для нормальных и касательных напряжений?
20. Чему равна сумма нормальных напряжений, действующих на любых двух взаимно перпендикулярных площадках?
21. Что такое главные напряжения и главные площадки? Как расположены главные площадки относительно друг друга?
22. Чему равны касательные напряжения на главных площадках?
23. Как вычислить максимальные касательные напряжения в точке тела при одноосном напряженном состоянии? По каким площадкам они действуют?
24. Как вычислить максимальные нормальные и касательные напряжения при плоском и объемном напряженных состояниях?
25. Как связаны главные напряжения и максимальные касательные напряжения при чистом

сдвиге?

26. Как определить значение главных напряжений при плоском напряженном состоянии?
27. Напишите формулы для определения главных напряжений и углов наклона главных площадок.
28. Как определить положение главной площадки, по которой действует главное напряжение σ_{\max} в общем случае плоского напряженного состояния?
29. Чему равны максимальные значения касательных напряжений в случае плоского напряженного состояния?
30. Какие площадки называются площадками сдвига и под каким углом они наклонены к главным площадкам?
31. Чему равна сумма нормальных напряжений на любых трех взаимно перпендикулярных площадках?
32. Чему равны максимальные и минимальные касательные напряжения (при заданных напряжениях $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$) и по каким площадкам они действуют?
33. Докажите свойство парности (взаимности) касательных напряжений и получите выражения для нормального и касательного напряжения в наклонной площадке?
34. Какими выражениями определяются величины экстремальных касательных напряжений и как расположены площадки, в которых они действуют?
35. Докажите возможность определения напряжений на наклонной площадке, пользуясь кругом напряжений (Мора)?
36. Опишите последовательность построения круга напряжений (Мора) и технику определения с помощью его главных напряжений и главных площадок, величин экстремальных касательных напряжений и площадок, в которых они действуют?
37. Получите выражения для относительных линейных деформаций по координатным направлениям при объемном напряженном состоянии? Сформулируйте обобщение этих выражений на случай определения линейных деформаций по произвольному направлению при плоском напряженном состоянии?
38. Получите выражение относительной объемной деформации в точке через напряжения?
39. Докажите, что коэффициент Пуассона не может быть более 0,5?
40. Получите выражение удельной потенциальной энергии в точке через главные напряжения?
41. Какие напряженные состояния называются предельными?
42. Как определяются предельные состояния при линейном напряженном состоянии?
43. Почему нельзя экспериментально исследовать предельные состояния при сложных напряженных состояниях (плоском или объемном)?
44. Что представляет собой обобщенный закон Гука?
45. Какое напряженное состояние в точке считают предельным?
46. Какие напряженные состояния в точке называют подобными?
47. Напишите формулы обобщенного закона Гука?
48. Какая разница между прямой и обратной задачей при исследовании напряженного состояния твердого тела?
49. Как можно определить нормальное и касательное напряжения в наклонной площадке с помощью круга Мора?
50. Что понимается под обобщенным законом Гука? Как он записывается аналитически?
51. Какая зависимость существует между модулями продольной E и поперечной G упругости?
52. На основе какого из допущений, принятых в курсе сопротивления материалов, получен обобщенный закон Гука?
53. Что называется полной удельной потенциальной энергией деформации, удельной потенциальной энергией изменения объема и формы?
54. Как определяется потенциальная энергия упругой деформации при линейном и объемном напряженном состоянии?
55. Из каких составляющих складывается полная потенциальная энергия твердого тела?
56. Какой случай плоского напряженного состояния называется чистым сдвигом?
57. Напишите закон Гука при сдвиге.
58. Докажите, что объемная деформация при чистом сдвиге равна нулю.
59. Напишите зависимость между модулем упругости E и модулем сдвига G .
60. Какой случай напряженного состояния называется чистым сдвигом и каковы его особенности?
61. Опишите деформацию при чистом сдвиге и сформулируйте закон Гука при сдвиге.
62. Что называется модулем упругости при сдвиге и какова его размерность?

63. Получите соотношение между упругими постоянными изотропных тел E , G , ν ?
64. Что называется предельным опасным состоянием материала? Чем характеризуется наступление опасного состояния для пластичных и хрупких материалов?
65. Какая точка тела называется опасной?
66. Что называется допускаемым напряженным состоянием?
67. Почему определение прочности в случаях сложного (плоского или пространственного) напряженного состояния приходится производить на основе результатов опытов, проводимых при одноосном напряженном состоянии?
68. Понятие о теориях (гипотезах) прочности.
69. Какие теории (гипотезы) прочности применяются наиболее часто?
70. Что представляют собой теории прочности?
71. Для чего служат теории прочности?
72. Сформулируйте первую и вторую теории прочности. Укажите область применения.
73. Сформулируйте третью и четвертую теории прочности? Укажите область применения этих теорий.
74. Какие теории прочности считаются классическими?
75. На каких предположениях основаны первая, вторая, третья, четвертая и пятая теории прочности? Кто является их основоположниками?
76. Какие теории прочности считаются рабочими?
77. Какая из теорий используется при расчете конструкций из анизотропных материалов?
78. Как определить меридиональные и окружные напряжения в тонкостенной оболочке, находящейся под действием внутреннего давления газа?

Раздел 5.

1. Для чего необходимы геометрические характеристики плоских сечений?
2. Что такое статический момент плоской фигуры? Какова его размерность?
3. Какими свойствами обладает статический момент?
4. Относительно каких осей статический момент равен нулю?
5. Как определяется положение центра тяжести сечения?
6. Вывести формулы для определения осевых моментов инерции простых фигур: прямоугольник, круг.
7. Выведите зависимости между осевыми и центробежными моментами инерции сечения для параллельных осей.
8. Как определяются координаты центра тяжести сложной площади?
9. Что понимается под осевым, полярным и центробежными моментами инерций? Какими свойствами они обладают? Их размерность?
10. Что такое полярный момент инерции?
11. Почему осевые и полярные моменты инерции не могут быть отрицательными?
12. Относительно какой из параллельных осей осевой момент инерции наименьший?
13. Когда используют полярный момент сопротивления?
14. Для определения каких напряжений используют осевой момент сопротивления?
15. Как записываются формулы перехода для моментов инерции при параллельном переносе осей?
16. Какие свойства имеют главные центральные моменты инерции сечений?
17. Как определяют главные моменты инерции сложных сечений, имеющих оси симметрии?
18. Чему равен осевой момент инерции относительно центральной оси?
19. Чему равен осевой момент инерции для круга и кольца?
20. Какие оси называются главными центральными осями инерции?
21. Какими выражениями определяются величины главных моментов инерции и положение главных осей? Получите эти выражения?
22. Для каких сечений положение главных осей можно указать без вычислений?
23. Получите соотношение между осевыми и полярными моментами инерции сечения?
24. Получите выражения главных центральных моментов инерции для прямоугольного и кругового сечений?
25. Что такое момент сопротивления сечения? Чему он равен для прямоугольного и круглого сечения?
26. Что такое радиус инерции?
27. Как строится эллипс инерции сечения? Для чего он строится?

28. Что такое главные центральные оси инерции?
29. Какая геометрическая характеристика используется при определении прогиба?
30. Какая геометрическая характеристика используется при определении угла закручивания?
31. Какая геометрическая характеристика используется для определения максимальных касательных напряжений при кручении и максимальных нормальных напряжений при изгибе?
32. Назовите основные геометрические характеристики поперечных сечений.
33. Какие оси называются центральными осями?
34. Напишите зависимости между моментами инерции относительно параллельных осей.
35. Как изменяются моменты инерции при повороте координатных осей?
36. Какие оси и какие моменты инерции называются главными?
37. Напишите значения моментов инерции для простых сечений: прямоугольника, треугольника, круга, полукруга.
38. В какой последовательности определяется положение главных центральных осей для составных сечений?
39. Вычислите полярный момент инерции круга диаметром 80 мм?
40. Вычислите полярный момент инерции поперечного сечения трубы? Наружный диаметр трубы $d_n = 100$ мм, внутренний $d_v = 90$ мм.
41. Определите, на сколько процентов уменьшится полярный момент инерции кольца по сравнению с кругом, если наружный диаметр кольца d_n равен диаметру круга d ? Отношение внутреннего диаметра кольца к наружному.
42. Диаметр сплошного вала увеличили в 2 раза. Во сколько раз увеличатся осевые моменты инерции? ()
43. Осевые моменты сечения равны соответственно $J_x = 2,5$ мм⁴ и $J_y = 6,5$ мм⁴. Определите полярный момент сечения?
44. Осевой момент инерции кольца относительно оси Ox $J_x = 4$ см⁴. Определите величину J_p ?
45. Вставьте (устно) пропущенное слово: Статическим моментом площади сложного сечения называется сумма произведений площадей на расстояние от ... до их центров тяжести.
46. Вставьте (устно) пропущенные слова: Координата центра тяжести сечения u_c определяется как отношение суммы ... к сумме
47. Вставьте (устно) пропущенные слова: Осевым моментом инерции площади поперечного сечения называется взятый по всей площади сечения F интеграл от произведения элементарных площадок на ... их расстояния от ... до этих площадок.
48. Зависит ли статический момент сечения от расстояния фигуры до оси, относительно которой он вычисляется?
49. Во сколько раз изменится осевой момент инерции I_{zc} сечения бруса, если он от круглого сечения был обработан до квадратного?
50. Определите i_{min} прямоугольного сечения со сторонами a и $4a$.
51. Определите i_{oc} для круглого сечения диаметром $d = 16$ см.
52. Вычислить момент инерции сплошного круглого сечения диаметром $d = 4$ см относительно центральной оси.
53. Определить, на сколько (в %) уменьшится площадь и полярный момент инерции кольцевого сечения по сравнению со сплошным круглым, если наружный диаметр кольца D равен диаметру круга D . Отношение внутреннего диаметра кольца d к наружному D равно 0,5.

Раздел 6.

1. Что называется балкой?
2. Какой вид нагружения называется изгибом?
3. Какой изгиб называется чистым, поперечным?
4. Какой изгиб называют чистым, поперечным, прямым и косым?
5. Чем отличается чистый изгиб от поперечного изгиба, прямой изгиб от косого изгиба?
6. Сформулируйте определение «поперечный изгиб»?
7. Сформулируйте понятие «чистый изгиб»?
8. Какую плоскость называют силовой?
9. Что понимается под волокнами бруса? В чем сущность гипотезы плоских сечений и допущения о ненадавливании волокон друг на друга?
10. Что такое нейтральная линия, силовая линия?
11. Докажите, что при прямом изгибе нейтральная линия является центральной главной осью поперечного сечения бруса?

12. Какие силовые факторы возникают в сечении балки при чистом изгибе?
13. Какие силовые факторы возникают в сечении при поперечном изгибе?
14. Какой силовой фактор вызывает изгиб бруса? Охарактеризуйте тип деформации бруса при изгибе? Что такое нейтральный слой?
15. Что такое изгибающий момент (M_x)? Выразите M_x через напряжения в рассматриваемом сечении? Как определяется M_x через внешние силы?
16. Что такое поперечная сила (Q_y)? Как определяется Q_y через внешние силы?
17. Чем отличается статически определимая балка от статически неопределимой?
18. Для чего в многопролетных балках вводятся промежуточные шарниры?
19. Какие виды нагрузок могут действовать на балку?
20. Какие виды опор встречаются при расчете балок? Чем они отличаются?
21. Что подразумевается под понятием «поперечная сила»? как она определяется?
22. Какое правило законов для определения поперечной силы используется?
23. Сформулируйте определения понятия «изгибающий момент, действующий в сечении балки»?
24. Каково правило законов для определения изгибающего момента используется?
25. Как вычисляется изгибающий момент в поперечном сечении балки?
26. Как вычисляются поперечная и продольная силы в поперечном сечении балки?
27. Как определить значение поперечной силы и изгибающего момента в произвольном сечении балки?
28. Как определить знаки поперечной силы и изгибающего момента?
29. Какие уравнения используются для определения значений опорных реакций?
30. Как проверить правильность определения опорных реакций?
31. Как формулируется гипотеза плоских сечений?
32. Что представляют собой нейтральный слой и нейтральная линия и как они расположены?
33. По какой формуле определяются нормальные напряжения в поперечном сечении балки при чистом изгибе и как они изменяются по высоте балки?
34. Что называется моментом сопротивления при изгибе и какова его размерность?
35. Для чего строят эпюры внутренних силовых факторов?
36. Как можно контролировать построение эпюр поперечных сил Q и изгибающих моментов M ?
37. Опишите особенности очертания эпюр M_x и Q_y : в каких сечениях наблюдаются скачкообразные изменения ординат в эпюре M_x ; на каких участках эпюра M_x — линейная функция, а $Q_y = \text{const}$, почему в местах приложения поперечной сосредоточенной силы в эпюре Q_y — скачок, а в эпюре M_x — «излом» направления касательной; почему в сечениях, в которых M_x имеет экстремальные значения, $Q_y = 0$ или проскакивает через нулевое значение?
38. Если эпюра поперечной силы ограничена наклонной прямой, как выглядит эпюра изгибающего момента?
39. Как определить положение экстремального значения изгибающего момента при действии распределенной нагрузки на участке балки?
40. Распределенная нагрузка направлена вверх. Как выглядит парабола, очерчивающая эпюру изгибающих моментов вдоль оси бруса?
41. Какой линейной очерчена эпюра изгибающих моментов, если закон их изменения по длине балки выражается уравнением: ?
42. Как находят опасные сечения?
43. Какими зависимостями связаны изгибающий момент, поперечная сила и интенсивность распределенной нагрузки? Как эти зависимости используют при проверке правильности построения эпюр поперечных сил и изгибающих моментов?
44. Получите дифференциальные зависимости между изгибающим моментом (M_x), поперечной силой (Q_y) и интенсивностью внешней нагрузки q ?
45. В какой последовательности строят эпюры поперечных сил и изгибающих моментов?
46. Почему для определения значения поперечной силы и изгибающего момента в произвольном сечении балки на двух опорах необходимо знать реакции опор?
47. Как изменяется поперечная сила в сечении балки, к которому приложена сосредоточенная сила? Как изменяется значение изгибающего момента в сечении балки, к которому приложен сосредоточенный момент?
48. Как определить максимум и минимум эпюры изгибающих моментов?
49. Какие допущения положены в основу вывода формулы для определения нормальных напряжений при изгибе?

50. Получите соотношение между величиной изгибающего момента и кривизной изогнутой оси бруса?
51. Получите формулу нормальных напряжений при изгибе? Охарактеризуйте эпюру напряжений, величину наибольших нормальных напряжений, момента сопротивления сечения балки при изгибе?
52. Получите формулу сдвигающей силы в продольных сечениях бруса при изгибе. Как используется эта формула при расчете составных сечений балок?
53. Получите формулу касательных напряжений при изгибе? Охарактеризуйте параметры, входящие в эту формулу, и постройте эпюры напряжений для прямоугольного и двутаврового сечений бруса?
54. Приведите формулировку и аналитическую запись условия прочности при изгибе?
55. Покажите, как используется условие прочности при подборе сечения балки, определения допустимой величины изгибающего момента при заданном сечении балки, проверку прочности балки при заданной нагрузке?
56. Как распределяются нормальные напряжения по поперечному сечению балки? В каких точках сечения они достигают наибольшего значения?
57. Напишите формулу для определения нормального напряжения при изгибе в любой точке поперечного сечения?
58. Напишите формулы для определения момента инерции и момента сопротивления для прямоугольника. Что характеризуют эти величины? Укажите единицы измерения этих величин?
59. Напишите условие прочности при изгибе?
60. Подберите размеры поперечного сечения балки в виде швеллера? Максимальный изгибающий момент 15кНм; допускаемое напряжение материала балки 160 МПа.
61. Почему при поперечном изгибе в продольных сечениях балки возникают касательные напряжения?
62. Каким опытом можно подтвердить возникновение касательных напряжений в продольных сечениях балки?
63. Что представляет собой нейтральная линия сечения? Как определить ее положение?
64. В каких точках поперечного сечения возникают при поперечном изгибе балки наибольшие касательные напряжения? Как их определить?
65. Как составляют условие прочности балки при изгибе?
66. Дифференциальные зависимости при изгибе.
67. Правило знаков при построении эпюр.
68. По какой формуле определяются нормальные напряжения в поперечных сечениях балки при поперечном изгибе?
69. Сформулируйте теорему Д. И. Журавского?
70. Какое напряжение в сечении балки вызывает поперечная сила?
71. Какое напряжение в сечении балки вызывает изгибающий момент?
72. Запишите формулу для определения касательных напряжений в поперечных сечениях балки при прямом поперечном изгибе?
73. Как распределяются нормальные напряжения по высоте сечения балки?
74. Как распределяются касательные напряжения по высоте сечения балки?
75. Как записываются условия прочности при поперечном изгибе балки по нормальным напряжениям?
76. Как записываются условия прочности при поперечном изгибе балки по касательным напряжениям?
77. Какова разница в расчетах балок по допускаемой нагрузке и по допускаемым напряжениям?
78. Как производится проверка прочности балки по главным напряжениям?
79. Как определяется потенциальная энергия при поперечном изгибе?
80. Как ведется расчет балок по разрушающей нагрузке?
81. Какой вид имеют эпюры касательных напряжений в поперечных сечениях прямоугольной и двутавровой формы?
82. Как находятся главные напряжения при изгибе?
83. Как направлены главные площадки на уровне нейтрального слоя и в точках, наиболее удаленных от этого слоя?
84. Что представляют собой траектории главных напряжений?
85. Прогибы и углы поворота при изгибе.
86. Какие формы поперечных сечений являются рациональными для балок из пластичных

материалов?

87. Какие перемещения получают поперечные сечения балок при прямом изгибе?
88. Что называется упругой линией балки?
89. Какие виды перемещений получают поперечные сечения балки при изгибе балок?
90. Что называется прогибом балки?
91. Какая зависимость между прогибами и углами поворота сечений балки?
92. На основании каких соображений точное дифференциальное уравнение прогибов балки заменяется приближенным?
93. Выведите дифференциальное уравнение упругой линии балки?
94. Сколько произвольных постоянных вводится при интегрировании уравнения прогибов и как они определяются?
95. Запишите основное дифференциальное уравнение изогнутой оси балки.
96. Какими величинами характеризуется при поперечном изгибе жесткость балки?
97. Как записывается приближенное дифференциальное уравнение изогнутой оси балки?
98. Что называют упругой линией балки?
99. Какая зависимость существует между радиусом кривизны упругой линии, изгибающим моментом M_x и жесткостью балки EJ_x ?
100. Как записать дифференциальное уравнение упругой линии? Из каких условий определяют постоянные при его интегрировании?
101. Как вычисляют потенциальную энергию деформации, накапливаемую в балке при изгибе?
102. Объясните смысловую сторону метода непосредственного интегрирования?
103. Как записывается универсальное уравнение упругой линии балки?
104. Что называется жесткостью сечения при изгибе?
105. Как из основного (приближенного) дифференциального уравнения изогнутой оси балки получаются выражения углов поворота и прогибов ее сечений?
106. Из каких условий определяются постоянные интегрирования, входящие в уравнение углов поворота и прогибов сечений балки?

6 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

№ п/п	Наименование раздела	Виды учебных занятий	Образовательные технологии
1.	Введение.	Лекция 1.	Блиц-опрос, доклад-презентация, собеседование, тестирование,
		Практическое занятие 1, 2	Консультирование и помощь студенту в выборе анализируемого процесса, проверка промежуточных результатов работы посредством электронной почты, тестирование
		Самостоятельная работа	Изучение наглядных материалов, изучение списка рекомендуемой литературы, поиск информации в сети Интернет
2.	Виды испытаний материалов	Лекция 2	Блиц-опрос, доклад-презентация, собеседование, тестирование,
		Практическое занятие 3, 4	Консультирование и помощь студенту в выборе анализируемого процесса, проверка промежуточных результатов работы посредством электронной почты, тестирование
		Самостоятельная работа	Изучение наглядных материалов, изучение списка рекомендуемой литературы, поиск информации в сети Интернет
3.	Осевое растяжение - сжатие	Лекция 3.	Блиц-опрос, доклад-презентация, собеседование, тестирование,
		Практическое занятие 5, 6	Консультирование и помощь студенту в выборе анализируемого процесса, проверка промежуточных результатов работы посредством электронной почты, тестирование
		Самостоятельная работа	Изучение наглядных материалов, изучение списка рекомендуемой литературы, поиск информации в сети Интернет
4.	Теория сложного напряженно-деформированного состояния (НДС) твердого тела	Лекция 4, 5	Блиц-опрос, доклад-презентация, собеседование, тестирование,
		Практическое занятие 7-10	Консультирование и помощь студенту в выборе анализируемого процесса, проверка промежуточных результатов работы посредством электронной почты, тестирование
		Самостоятельная работа	Изучение наглядных материалов, изучение списка рекомендуемой литературы, поиск информации в сети Интернет
5.	Геометрические характеристики плоских сечений	Лекция 6	Блиц-опрос, доклад-презентация, собеседование, тестирование,
		Практическое занятие 11, 12	Консультирование и помощь студенту в выборе анализируемого процесса, проверка промежуточных результатов работы посредством электронной почты, тестирование

		Самостоятельная работа	Изучение наглядных материалов, изучение списка рекомендуемой литературы, поиск информации в сети Интернет
6.	Плоский изгиб	Лекция 7, 8	Блиц-опрос, доклад-презентация, собеседование, тестирование,
		Практическое занятие 13 – 16	Консультирование и помощь студенту в выборе анализируемого процесса, проверка промежуточных результатов работы посредством электронной почты, тестирование
		Самостоятельная работа	Изучение наглядных материалов, изучение списка рекомендуемой литературы, поиск информации в сети Интернет

7 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА (МАТЕРИАЛЫ) ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Для текущего контроля могут применяться тесты, соответствующие содержанию тем разделов или доклады презентации по индивидуальным заданиям.

Пример теста для текущего контроля успеваемости студента

1. Утверждение, что напряжения и перемещения в сечениях, удаленных от места приложения внешних сил, не зависят от способа приложения нагрузки, называется...

- 1) принципом независимости действия сил;
- 2) гипотезой плоских сечений;
- 3) принципом начальных размеров;
- 4) принципом Сен-Венана.

2. Сопротивление материалов – это наука о методах расчета элементов инженерных конструкций на...

- 1) жесткость;
- 2) прочность;
- 3) устойчивость;
- 4) прочность, жесткость и устойчивость.

3. Способность конструкции, элементов конструкции сопротивляться внешним нагрузкам в отношении изменения формы и размеров называется...

- 1) упругостью;
- 2) устойчивостью;
- 3) твердостью;
- 4) жесткостью.

4. Свойство материала тела восстанавливать свои первоначальные размеры после снятия внешних сил называется...

- 1) твердостью;
- 2) однородностью;
- 3) упругостью;
- 4) изотропностью.

5. В соответствии с принципом независимости действия сил (принцип суперпозиции) ...

- 1) механические характеристики материала в окрестности заданной точки не зависят от угловой ориентации выделенного из тела образца;
- 2) результат действия системы сил равен сумме результатов действий каждой силы в отдельности;
- 3) при снятии нагрузки форма и размеры тела полностью восстанавливаются;
- 4) большинство расчетов в сопротивлении материалов производится по недеформированной схеме.

6. Механическое свойство, характеризующее способность материала сопротивляться его разрушению под действием внешних сил, называется...

- 1) твердостью;
- 2) упругостью;
- 3) изотропностью;
- 4) прочностью.

7. Если свойства материала образца, выделенного из тела, не зависят от его угловой ориентации, то такой материал называется...

- 1) однородным;
- 2) изотропным;
- 3) идеально – упругим;
- 4) анизотропным.

8. В сопротивлении материалов относительно структуры и свойств материала принимаются гипотезы...

- 1) устойчивости и жесткости;
- 2) сплошности, однородности, изотропности и идеальной упругости материала;
- 3) изотропности и идеальной упругости;
- 4) сплошности и однородности материала.

9. Разделение тела на части под действием внешних нагрузок называется...

- 1) разрушением;
- 2) пластичностью;
- 3) прочностью;
- 4) идеальной упругостью.

10. Объект, освобожденный от особенностей, несущественных при решении данной задачи, называется...

- 1) реальной конструкцией;
- 2) расчетной схемой;
- 3) абсолютно твердым телом;
- 4) математической моделью.

Промежуточный контроль знаний студентов: основные термины и определения (гlossарий)

Амплитуда колебаний – наибольшее смещение упругой системы от положения статического равновесия.

Амплитуда цикла напряжений – наибольшее числовое положительное значение переменной составляющей цикла напряжений, равная алгебраической полуразности максимального и минимального напряжения цикла

Аналогия гидродинамическая – если отверстие трубы и скручиваемый стержень будут иметь одинаковый профиль, то линии тока совпадут с силовыми линиями. Благодаря этому, можно судить о распределении касательных напряжений в стержнях при кручении по распределению скоростей движения жидкости в трубе того же профиля.

Аналогия мембранная – если тонкую пластинку с отверстием, совпадающим с профилем скручиваемого стержня, покрыть тонкой пленкой (мембраной), то под действием равномерно распределенной нагрузки пленка в отверстии провиснет, образуя поверхность, горизонтали которой располагаются аналогично силовым линиям при кручении. Эта дает возможность составить картину распределения касательных напряжений по расположению горизонталей поверхности мембраны.

База испытаний – предварительно задаваемое наибольшее число циклов при испытании на усталость.

Балка – брус, работающий на изгиб.

Брус – тело, два измерения которого малы по сравнению с третьим.

Возмущающая сила – сила, действующая на упругое основание со стороны возбудителя, вызывающая вынужденные колебания системы.

Временное сопротивление (предел прочности) – максимальное напряжение (определенное без учета изменения площади поперечного сечения в процессе нагрузки) выдерживаемое материалом при растяжении.

Вынужденные колебания – движение упругой системы, происходящее под действием изменяющихся внешних сил, называемых возмущающими.

Геометрически изменяемая система – такая система, элементы которой могут перемещаться под действием внешних сил без деформации (механизм).

Геометрически неизменяемая система – такая система, изменение формы которой возможно лишь в связи с деформациями ее элементов.

Гипотеза плоских сечений (гипотеза Бернулли) – поперечные сечения стержня, плоские и нормальные к его оси до деформации, останутся плоскими и нормальными к оси и после деформации.

Главные моменты инерции сечения

Моменты инерции относительно главных осей инерции сечения. Обычно, говоря о главных моментах, подразумевают осевые моменты инерции относительно главных центральных осей инерции.

Главные оси поперечного сечения – оси, относительно которых центробежный момент инерции сечения обращается в нуль.

Главные центральные оси инерции сечения – главные оси, проходящие через центр тяжести сечения.

Деформации пластические (остаточные) – деформации тела, не исчезающие после снятия внешних сил.

Деформации упругие – деформации тела, исчезающие после снятия внешних сил.

Деформация – изменение твердым телом своей первоначальной формы и размеров под действием приложенных к нему сил.

Диаграмма напряженного состояния (круговая) – см. Мора круги.

Диаграмма предельных амплитуд – зависимость предела выносливости материала от степени асимметрии цикла, выраженная графически.

Закон Гука – основной закон Сопротивления материалов, устанавливающий прямую зависимость между деформациями в теле и возникающими при этом напряжениями.

Закон парности касательных напряжений – составляющие касательных напряжений на двух взаимно перпендикулярных площадках, перпендикулярные общему ребру, равны по величине и противоположны по знаку, то есть либо обе направлены к ребру либо обе направлены от ребра.

Зона упрочнения – участок кривой деформирования образца, на котором материал вновь приобретает свойство оказывать сопротивление нагрузке, однако с ростом удлинения образца нагрузка возрастает значительно медленнее, чем на упругом участке.

Изгиб косой – вид изгиба, при котором плоскость действия изгибающего момента не содержит ни одной из главных центральных осей инерции поперечного сечения балки.

Изгиб плоский – вид изгиба, при котором ось балки после деформации остается плоской линией.

Изгиб поперечный – такой вид нагружения бруса, при котором из шести внутренних силовых факторов в сечении бруса отличными от нуля является изгибающий момент и поперечная сила.

Изгиб прямой – вид изгиба, при котором силовая плоскость совпадает с одной из главных плоскостей инерции поперечного сечения (в противном случае имеет место косой изгиб). При плоском прямом изгибе плоскость изгиба и силовая плоскость совпадают.

Изгиб чистый – такой вид нагружения бруса, при котором из шести внутренних силовых факторов в сечении бруса отличным от нуля является только один изгибающий момент

Концентрация напряжений – повышение напряжений в местах изменения формы или нарушения сплошности материала

Коэффициент асимметрии цикла – отношение минимального напряжения цикла к максимальному.

Коэффициент динамичности – или Динамический коэффициент, показывает во сколько раз воздействие динамической нагрузки на конструкцию будет больше, чем в случае приложения равной по величине статической нагрузки.

Коэффициент запаса прочности – показывает во сколько раз необходимо снизить уровень напряжений в конструкции, считая от предела текучести или предела временного сопротивления, чтобы при ее эксплуатации не допустить разрушения изделия. Призван компенсировать недостатки расчетных методик, рассеяния свойств материала, неучтенные факторы условий эксплуатации и т. п.

Коэффициент запаса прочности при сложном напряженном состоянии – число, на которое следует умножить все компоненты тензора напряжений (или s_1, s_2, s_3), чтобы данное напряженное состояние стало предельным.

Коэффициент снижения основного допускаемого напряжения (коэффициент продольного изгиба) – показывает во сколько раз отличаются напряжения в продольно сжатом стержне при потере им устойчивости от случая простого сжатия.

Круговая частота – представляет собой число колебаний в 2 π секунд.

Кручение – вид нагружения бруса, при котором из шести составляющих главного вектора и главного момента внутренних сил от нуля отличается только крутящий момент.

Линия балки упругая – проекция нейтрального слоя на плоскость изгиба (плоскость симметрии).

Линия балки упругая – деформированная (изогнутая) продольная ось балки

Малоцикловая усталость – усталость материала, при которой усталостное повреждение или разрушение происходит при упругопластическом деформировании. Условно принимают, что при $N < 50000$ циклов имеет место малоцикловая усталость.

Массив – тело, все три измерения которого мало отличаются друг от друга.

Материал идеально упругий – материал, который полностью восстанавливает свою форму и размеры после снятия нагрузки независимо от величин нагрузок и температуры тела.

Материал изотропный – материал, свойства которого во всех направлениях одинаковы.

Материал однородный – материал, свойства которого во всех точках одинаковы.

Метод сил – наиболее распространенный (но не единственный) метод раскрытия статической неопределимости

Минимальное напряжение цикла – наименьшее по алгебраическому значению напряжение цикла.

Многоцикловая усталость – усталость материала, при которой усталостное повреждение или разрушение происходит в основном при упругом деформировании. Условно принимают, что при $N > 50000$ циклов имеет место многоцикловая усталость.

Модуль продольной упругости, Модуль упругости первого рода, Модуль Юнга – величина, характеризующая упругие свойства материала. В случае малых деформаций, когда

справедлив закон Гука, т. е. имеет место линейная зависимость между напряжениями и деформациями, модуль упругости представляет собой коэффициент пропорциональности между этими соотношениями.

Модуль Сдвига, Модуль упругости второго рода – величина, характеризующая упругие свойства материала при чистом сдвиге. В случае малых деформаций, когда справедлив закон Гука, т. е. имеет место линейная зависимость между касательными напряжениями и сдвиговыми деформациями, модуль упругости представляет собой коэффициент пропорциональности между этими соотношениями.

Мора круги – графический способ определения напряжений на наклонных или главных площадках.

Нагрузка – внешние силы, воспринимаемые конструкциями и их деталями.

Наклеп материала – повышение прочности и уменьшение пластичности материала вследствие предварительной нагрузки выше предела текучести.

Напряжения – мера интенсивности внутренних сил, распределенных по сечениям, то есть усилия, приходящиеся на единицу площади сечения.

Напряжения главные – нормальные напряжения, которые действуют по граням элементарного параллелепипеда, вырезанного в окрестностях исследуемой точки, при условии, что касательные напряжения на этих гранях отсутствуют.

Напряжения касательные – составляющие полного вектора напряжений, лежащие в плоскости рассматриваемого сечения.

Напряжения нормальные – составляющие полного вектора напряжений, направленные по нормали к рассматриваемому сечению.

Напряжения эквивалентные – напряжение, которое следует создать в растянутом образце, чтобы его напряженное состояние стало равноопасным заданному напряженному состоянию.

Напряженное состояние равноопасное – такое напряженное состояние, для которого коэффициенты запаса прочности по всем компонентам тензора напряжений равны.

Оболочка – тело, одно измерение которого мало по сравнению с двумя другими.

Оси центральные – оси, проходящие через центр тяжести сечения. Относительно любых центральных осей статические моменты сечения равны нулю.

Ось бруса – геометрическое место точек центров тяжести поперечных сечений бруса, то есть сечений, нормальных к оси бруса.

Период колебаний – промежуток времени между двумя последующими максимальными отклонениями упругой системы от положения равновесия

Пластичность – способность материала накапливать до разрушения пластические (остаточные) деформации.

Плоскость изгиба – плоскость расположения изогнутой оси балки.

Плоскость силовая – плоскость действия нагрузочных сил.

Площадки главные – площадки, совпадающие с гранями элементарного параллелепипеда, вырезанного в окрестностях исследуемой точки, на которых действуют главные напряжения.

Ползучесть – явление изменения во времени напряжений и деформаций в нагруженной детали. Различают два случая ползучести - последствие и релаксацию.

Полная диаграмма критических напряжений – графическая зависимость критических напряжений от гибкости стержня.

Последствие – или собственно ползучесть, явление роста деформаций при постоянных напряжениях.

Предел длительной прочности – напряжение, подсчитанное по первоначальной площади сечения образца, при котором происходит разрушение образца при данной температуре через заранее заданный промежуток времени.

Предел длительной прочности – напряжение, подсчитанное по первоначальной площади сечения образца, при котором происходит разрушение образца при данной температуре через заранее заданный промежуток времени. Этот промежуток времени называется базой испытания.

Предел неограниченной выносливости – наибольшее по абсолютному значению напряжение цикла, при котором не происходит усталостного разрушения за бесконечно большое число циклов.

Предел ограниченной выносливости – максимальное напряжение, соответствующее заданной (базовой) долговечности. В качестве базовой долговечности обычно принимают $N_b=10^6$, 10^7 или $5 \cdot 10^7$ циклов.

Предел пропорциональности – наибольшее напряжение, до которого деформации прямо пропорциональны напряжениям.

Предел текучести – напряжение, при котором деформации растут без заметного увеличения нагрузки.

Предел упругости – напряжение, до которого материал не получает остаточных деформаций.

Принцип Даламбера – Если движущееся тело (систему тел) в какой-то момент времени представить себе находящимся в покое, но помимо сил, производящих движение, приложить к нему силы инерции, то в таком покоящемся теле будут существовать такие же внутренние усилия, напряжения и деформации, какие имеют место во время его движения.

Принцип начальных размеров – упругие тела являются относительно жесткими, благодаря чему перемещения точек тела весьма малы по сравнению с размерами самого тела.

Принцип независимости действия сил – при действии на относительно жесткое тело несколько сил, результат действия одной части этих сил не зависит от результата действия остальных сил.

Принцип Сен-Венана – если совокупность некоторых сил, приложенных к небольшой части поверхности тела, заменить статически эквивалентной системой других сил, то такая замена не вызовет существенных изменений в условиях нагружения частей тела, достаточно удаленных от мест приложения исходной системы сил.

Прогиб балки – поступательные перемещения сечений, равные перемещениям их центров тяжести.

Прочность – способность материала воспринимать нагрузки, не разрушаясь.

Равновесие безразличное – новое положение системы после отклонения от исходного остается положением равновесия и после удаления внешнего воздействия.

Равновесие неустойчивое – система не возвращается в исходное положение, а отклоняется от него еще больше.

Равновесие устойчивое – при малом отклонении от положения равновесия система возвращается в первоначальное положение, как только будет устранена причина, вызывающая это отклонение.

Размах напряжений цикла – алгебраическая разность максимального и минимального напряжения цикла.

Растяжение (сжатие) – такой вид нагружения бруса, при котором из шести составляющих главного вектора и главного момента внутренних сил от нуля отличается только продольная сила.

Растяжение (сжатие) внецентренное – вызывается силой, параллельной оси бруса, но не совпадающей с ней.

Резонанс – явление повышения амплитуды при совпадении частот собственных колебаний и возмущающей силы, а само совпадение частот называется условием резонанса.

Релаксация – уменьшение напряжений в материале при постоянной деформации.

Сдвиг – такой вид нагружения бруса, при котором в его поперечных сечениях из шести составляющих главного вектора и главного момента внутренних сил, от нуля отличается только поперечная (перерезывающая) сила.

Слой нейтральный – граница между сжатыми и растянутыми волокнами на изогнутой балке, то есть волокна, длина которых при изгибе не изменяется.

Собственные колебания – колебательные движения, которые совершает система, освобожденная от внешнего активного силового воздействия и предоставленная сама себе.

Состояние предельное – в опасной точке детали - переход материала в окрестности данной точки из упругого состояния в пластическое или разрушение детали, выражающееся в образовании трещин.

Сплошность – свойство материала, определяемое его способностью сплошь (без пустот) заполнять пространство, ограниченное поверхностью тела. Вследствие этого свойства материал считается непрерывным, что позволяет использовать для определения напряжений и деформаций математический аппарат дифференциального и интегрального исчисления.

Среднее напряжение цикла – постоянная (положительная или отрицательная) составляющая цикла напряжений, равная алгебраической полусумме максимального и минимального напряжения цикла.

Статическая вязкость – способность материала поглощать энергию, идущую на деформирование образца.

Статическая неопределимость – свойство расчетной схемы конструкции, при котором число неизвестных реакций связей превышает число уравнений равновесия.

Статически неопределимые стержневые системы – стержневые системы, опорные реакции и внутренние силовые факторы, в которых не могут быть найдены из одних лишь уравнений равновесия.

Статически определимые системы – задачи, в которых все реакции связей определяются из условий равновесия.

Степень статической неопределимости – разность между числом искомых неизвестных усилий и числом независимых уравнений равновесия, которые для данной расчетной системы можно составить.

Степень статической неопределимости системы – разность между числом искомых неизвестных усилий и независимых уравнений равновесия.

Термическая усталость – разрушение, вызванное знакопеременной пластической деформацией, являющейся следствием циклических изменений температуры

Ударная нагрузка – под ударной понимается всякая быстроизменяющаяся нагрузка.

Упругая линия – см. Линия балки упругая

Упругость – способность материала восстанавливать первоначальные размеры и форму детали после снятия внешних нагрузок.

Уравнение кривой усталости – математическая зависимость, связывающая между собой долговечность (количество циклов нагружения) конструкции и уровень действующих напряжений.

Условие прочности балки – требование, чтобы максимальные расчетные нормальные напряжения не превышали допускаемых напряжений для материала балки.

Условия совместности деформаций – уравнения, связывающие между собой деформации или перемещения отдельных частей тела и добавляемые к уравнениям равновесия тела, для решения статически неопределимых задач.

Усталость – процесс постепенного накопления повреждений в материале под действием переменных напряжений и деформаций, приводящий к изменению свойств, образованию трещин и разрушению

Усталость материала – Явление прогрессивного разрушения под действием переменных напряжений

Формула Эйлера – выражение, по которому можно вычислить критическую продольную силу при выпучивании стержня в одной из двух главных его плоскостей.

Цикл – однократная смена напряжений, т. е. совокупность последовательных значений напряжений за один период.

Цикл асимметричный – цикл нагружения, при котором максимальные и минимальные напряжения цикла (например, σ_{\max} и σ_{\min}) не равны между собой.

Цикл знакопеременный – цикл напряжений, изменяющихся по значению и по знаку.

Цикл знакопостоянный – цикл напряжений, изменяющихся только по абсолютному значению.

Цикл отнулевой (пульсационный) – цикл нагружения, минимальное напряжение которого равно нулю.

Цикл симметричный

Цикл нагружения, при котором максимальное значение напряжений (σ_{\max} или σ_{\max}) и минимальное значение напряжений (σ_{\min} или σ_{\min}) численно равны между собой, но противоположны по знаку.

Частота колебаний – представляет собой число колебаний в единицу времени. Величина, обратная периоду колебаний.

Эффект Пуассона – отношение относительных поперечных удлинений к относительным продольным удлинениям есть величина постоянная для данного материала.

Эффективный коэффициент концентрации – влияние концентрации напряжений на предел выносливости зависит от чувствительности материала к концентрации напряжений.

Контрольные вопросы для проведения итоговой аттестации (экзамена):

- 1 Цели, задачи и методы науки о сопротивлении материалов.
- 2 Допущения о свойствах материалов и характере деформаций, принимаемые в курсе «Сопротивления материалов».
- 3 Виды элементов конструкций.
- 4 Виды внешних нагрузок и их размерность.
- 5 Определение внутренних усилий методом сечений.
- 6 Внутренние усилия в поперечных сечениях стержня.
- 7 Разновидности видов нагружения элементов конструкций (простые виды нагружения).
- 8 Понятие внутреннего механического напряжения. Виды напряжений, размерность.
- 9 Напряжения и продольная деформация растяжения-сжатия. Закон Гука.
10. Поперечная деформация при растяжении и сжатии. Коэффициент Пуассона.
- 11 Условие прочности при растяжении-сжатии. Основные виды задач при расчете на прочность растянутых (сжатых) стержней (проверочный расчет, проектировочный расчет, определение допустимой нагрузки).
- 12 Условие жесткости при растяжении-сжатии. Определение перемещений сечений растянутого (сжатого) стержня.
- 13 Диаграмма растяжения образца из малоуглеродистой стали. Пределы прочности, текучести, пропорциональности, упругости. Диаграммы растяжения и сжатия хрупких и пластичных материалов.
- 14 Опытное определение механических свойств материалов. Влияние различных факторов на механические характеристики материалов.
- 15 Коэффициент запаса. Выбор значений допускаемых напряжений.
- 16 Потенциальная энергия деформации при растяжении и сжатии.
- 17 Сдвиг, напряжения и деформации при чистом сдвиге.
- 18 Закон Гука при сдвиге. Зависимость между модулями упругости первого рода и модулем сдвига.
- 19 Условие прочности при сдвиге (проверочный расчет, проектировочный расчет, определение допустимой нагрузки).
- 20 Практические расчеты на сдвиг (срез заклепочного соединения).
- 21 Практические расчеты на сдвиг (расчет сварного соединения).
- 22 Статический момент площади плоского сечения, размерность, свойства.
- 23 Осевые моменты инерции плоского сечения, размерность, свойства.
- 24 Полярный и центробежный моменты инерции плоского сечения, размерность, свойства.
- 25 Моменты инерции простых сечений. Прямоугольник.
- 26 Моменты инерции простых сечений. Круг, кольцо.
- 27 Моменты инерции простых сечений. Треугольник.
- 28 Моменты сопротивления плоского сечения, размерность, свойства.
- 29 Моменты сопротивления прямоугольного сечения.
- 30 Моменты сопротивления круглого сплошного сечения.

- 31 Моменты сопротивления круглого сплошного сечения.
 - 32 Центральные и главные оси инерции, главные моменты инерции и их свойства.
 - 33 Зависимость между моментами инерции при параллельном переносе осей.
 - 34 Зависимость между моментами инерции при повороте осей.
 - 35 Зависимость между центробежными моментами инерции относительно двух параллельных систем.
 - 36 Определение напряжений в стержнях круглого сечения при кручении.
 - 37 Деформации и перемещения при кручении валов.
 - 38 Условие прочности при кручении (проверочный расчет, проекторочный расчет, определение допустимой нагрузки).
 - 39 Практические расчеты валов круглого сплошного и трубчатого сечения.
 - 40 Потенциальная энергия упругой деформации при кручении.
 - 41 Кручение валов некруглого сечения.
 - 42 Рациональные формы сечений при кручении. Концентрация напряжений при кручении.
 - 43 Изгиб, виды изгиба - основные понятия и определения.
 - 44 Типы опор балок, определение реакций. Определение внутренних усилий при изгибе, правило знаков МИЗГ и Q.
 - 45 Зависимость между изгибающим моментом, поперечной силой и интенсивностью распределенной нагрузки.
 - 46 Нормальные напряжения при изгибе.
 - 47 Условие прочности по нормальным напряжениям при изгибе (проверочный расчет, проекторочный расчет, определение допустимой нагрузки). Выбор рационального сечения балки
 - 48 Касательные напряжения при изгибе.
 - 49 Дифференциальное уравнение изогнутой оси балки.
 - 50 Определение деформаций балок с помощью универсальных уравнений.
 - 51 Потенциальная энергия при изгибе.
 - 52 Сложное сопротивление - основные понятия, виды сложного сопротивления.
- Принципы расчета.
- 53 Косой изгиб, распределение напряжений. Условие прочности при косом изгибе.
 - 54 Уравнение нейтральной линии при косом изгибе. Определение положения нейтральной линии.
 - 55 Внецентренное растяжение (сжатие).
 - 56 Сдвиг с кручением. Расчет цилиндрических винтовых пружин с малым шагом витка.
 - 57 Изгиб с кручением.
 - 58 Сдвиг с кручением. Расчет цилиндрических винтовых пружин с малым шагом витка.
 - 59 Расчет сжатых стержней на устойчивость, формула Эйлера. Практическая формула для расчета на устойчивость.
 - 60 Усталостные напряжения.

Примечания: В приведенные контрольные вопросы могут быть внесены некоторые изменения, при условии, что они не будут противоречить содержанию дисциплины.

8 СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Форма контроля	За одну работу		Всего
	Миним. баллов	Макс. баллов	
Текущий контроль:			
<i>подготовка к лекционным занятиям</i>	<i>0,5 балла</i>	<i>1 балл</i>	<i>8 баллов</i>
<i>выполнение и защита практических работ</i>	<i>1 балл</i>	<i>2 балла</i>	<i>32 балла</i>
<i>промежуточная аттестация (тестирование с собеседованием по итогам теста)</i>	<i>1 балл</i>	<i>12 баллов</i>	<i>12 баллов</i>
Итоговая аттестация	1 балл	48	48 баллов
Итого за семестр (экзамен по дисциплине)	52	100	100 баллов

9 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1 Основная литература

1. Агапов В.П. Сопротивление материалов [Электронный ресурс]: учебник/ Агапов В.П.— Электрон. текстовые данные.— Москва: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2014.— 336 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/26864.html>.
2. Подскребко М.Д. Сопротивление материалов [Электронный ресурс]: учебник/ Подскребко М.Д.— Электрон. текстовые данные.— Минск: Вышэйшая школа, 2007.— 798 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20140.html>.
3. Сопротивление материалов. Часть 1 [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Н.М. Атаров [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Москва: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2009.— 64 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16998.html>.
4. Сопротивление материалов. Часть 2 (2-е издание) [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Н.М. Атаров [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Москва: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2013.— 98 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20031.html>.

9.2 Дополнительная литература

1. Агаханов М.К. Сопротивление материалов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Агаханов М.К., Богопольский В.Г., Кузнецов В.В.— Электрон. текстовые данные.— Москва: Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2014.— 171 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/26149.html>.
2. Кидакоев А.М. Сопротивление материалов [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие для тестового контроля/ Кидакоев А.М., Шайлиев Р.Ш.— Электрон. текстовые данные.— Черкесск: Северо-Кавказская государственная гуманитарно-технологическая академия, 2014.— 60 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/27232.html>.
3. Подскребко М.Д. Сопротивление материалов. Основы теории упругости, пластичности, ползучести и механики разрушения [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Подскребко М.Д.— Электрон. текстовые данные.— Минск: Вышэйшая школа, 2009.— 669 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20141.html>.

9.3 Программное обеспечение

1. Windows 10 Pro
2. WinRAR
3. Microsoft Office Professional Plus 2013
4. Microsoft Office Professional Plus 2016
5. Microsoft Visio Professional 2016
6. Visual Studio Professional 2015

7. Adobe Acrobat Pro DC
8. ABBYY FineReader 12
9. ABBYY PDF Transformer+
10. ABBYY FlexiCapture 11
11. Программное обеспечение «interTESS»
12. Справочно-правовая система «КонсультантПлюс», версия «эксперт»
13. ПО Kaspersky Endpoint Security
14. «Антиплагиат.ВУЗ» (интернет - версия)
15. «Антиплагиат- интернет»

9.4 Профессиональные базы данных и информационные справочные системы современных информационных технологий

1. Справочно-правовая система «Консультант Плюс» (<http://www.consultant.ru>);
2. Электронная библиотечная система eLIBRARY.RU (<http://www.elibrary.ru>);
3. Электронная библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» (<https://biblioclub.ru>);
4. Электронно-библиотечная система BIBLIO-ONLINE.RU (<https://www.biblio-online.ru>);
5. Электронно-библиотечная система IPR BOOKS (<http://www.iprbookshop.ru>).
6. Сайт Petrolibrary.ru. Книги и статьи посвящены геологии, бурению скважин, разработке месторождений, добыче и транспорту нефти и газа, технологиям нефтегазовой отрасли.
7. Основным зарубежным источником информации по курсу являются статьи и ресурсы Общества инженеров-нефтяников (SPE) - <https://www.spe.org/en/> (JPT, Oil and gasfacilities и др).
8. Библиотека <https://www.onepetro.org/> (доступ к библиотеке студентов и членство в SPE бесплатное).
9. Бесплатная библиотека технической литературы «Нефть и газ – избранное». Режим доступа: <http://nglib-free.ru>.
10. Профессиональная база данных «Строительная наука» <http://www.stroinauka.ru/>
11. Информационная справочная система «Информационно-строительный сервер» <http://www.stroymat.ru/>
12. Профессиональная база данных «Архитектурный портал» <https://archi.ru/>
13. Стройрубрика.ру. Технологии строительства <https://stroyrubrika.ru/>
14. Библиотека строительства <http://www.zodchii.ws/>
15. ТехЛит.ру – библиотека нормативно-технической литературы <http://www.tehlit.ru/>
16. Российская академия архитектуры и строительных наук (РААСН) <http://www.raasn.ru/index.php>

10 ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

Учебные и учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для слепых и слабовидящих:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением, или могут быть заменены устным ответом;
- обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;

- для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;
- письменные задания оформляются увеличенным шрифтом;
- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

Для глухих и слабослышащих:

- лекции оформляются в виде электронного документа, либо предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;
- письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;
- экзамен и зачёт проводятся в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением;
- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения предусматривается использование технических средств, необходимых в связи с индивидуальными особенностями обучающихся. Эти средства могут быть предоставлены университетом, или могут использоваться собственные технические средства.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для слепых и слабовидящих:

- в печатной форме увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

Для глухих и слабослышащих:

- в печатной форме;
- в форме электронного документа.

Для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

Учебные аудитории для всех видов контактной и самостоятельной работы, научная библиотека и иные помещения для обучения оснащены специальным оборудованием и учебными местами с техническими средствами обучения:

Для глухих и слабослышащих:

- автоматизированным рабочим местом для людей с нарушением слуха и слабослышащих;
- акустический усилитель и колонки;

Для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- передвижными, регулируемые эргономическими партами СИ-1;
- компьютерной техникой со специальным программным обеспечением.

11 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Преподаватель должен иметь возможность легко управлять оборудованием аудитории, что позволит проводить лекции, практические и лабораторные занятия, презентации, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также должна быть оснащена доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование должно иметь соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Технические средства обеспечения дисциплины для проведения аудиторных занятий:

- интерактивная доска с лицензионным программным обеспечением и мультимедиапроектором;
- маркерная доска;
- учебные материалы (учебные фильмы, презентации);
- акустическая система;
- средства управления оборудованием.

Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Аудитория для лекционных занятий, аудитория для проведения практических занятий и аудитория для самостоятельной работы.

Обучающиеся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья обеспечиваются печатными и электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья, а также техническими средствами передачи информации из имеющихся неадаптированных ресурсов.

Материально – техническое обеспечение должно отвечать не только общим требованиям, определенным в федеральном государственном образовательном стандарте высшего образования по направлению подготовки (специальности), но и особым образовательным потребностям каждой категории обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов.

Учебные аудитории оснащены специальным оборудованием и учебными местами с техническими средствами обучения для обучающихся с различными видами ограничений здоровья (по 1 – 2 места).

Оборудование специальных учебных мест предполагает увеличение зоны на одно место с учетом подъезда и разворота кресла-коляски, увеличения ширины прохода между рядами столов. В стандартной аудитории первые столы в ряду у окна и в среднем ряду предусмотрены для обучаемых с нарушениями зрения и слуха, а для обучаемых, передвигающихся в кресле- коляске, - выделены 1 – 2 первых стола в ряду у дверного проема. В специальной аудитории оборудованы места для самостоятельной работы, консультационной и индивидуальной работы с преподавателем с соответствующим техническим оборудованием по каждому виду нарушений здоровья с доступом к локальной сети Университета, Интернету и электронным библиотечным системам.

В аудиториях, где обучаются студенты с ограниченными возможностями здоровья и инвалиды, предусмотрены места для обучающихся с учетом ограничений их здоровья. Учебная аудитория, в которой обучаются студенты с нарушением слуха оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой (акустический усилитель и колонки), видеотехникой (мультимедийный проектор, телевизор), мультимедийной системой, интерактивной и сенсорной досками. Обучение лиц с нарушениями слуха предполагает использование мультимедийных средств и других технических средств для приема-передачи учебной информации в доступных формах, комплекта электроакустического и звукоусиливающего оборудования с комбинированными элементами проводных и беспроводных систем на базе профессиональных усилителей.

Для слабовидящих обучающихся в лекционных и учебных аудиториях предусмотрена возможность просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для удаленного просмотра. Обучение лиц с нарушениями зрения предполагает использование брайлевского дисплея и брайлеровского принтера, электронных луп, программ невидимого доступа к информации, программ - синтезаторов речи и других технических средств для приема-передачи учебной информации в доступных формах.

Для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата в лекционных и учебных аудиториях предусмотрены передвижные, регулируемые эргономические парты с источником питания для индивидуальных технических средств, специальные клавиатуры (с увеличенным размером клавиш, со специальной накладкой, ограничивающей случайное нажатие соседних клавиш, сенсорные, использование голосовой команды); специальные мыши (джойстики, роллеры); выносные кнопки; увеличенные в размерах ручки и специальные накладки к ним, позволяющие удерживать ручку и манипулировать ею с минимальными усилиями; утяжеленные (с дополнительным грузом) ручки, снижающие проявления тремора при письме; устройства обмена графической информацией, специальное программное обеспечение, позволяющее использовать сокращения, дописывать слова и фразы, исходя из начальных букв и грамматической формы предыдущих слов.

Перечень необходимого оборудования:

- персональные компьютеры с доступом в Интернет;
- специальные учебники, учебные пособия и дидактические материалы имеются в библиотечной системе IPRbooks (крупный шрифт и аудиофайлы);
- многофункциональный интерактивный дисплей Flipbox 3.0.65", UHD;
- видеоувеличитель Optelec Compact Mini World;
- дисплей Брайля ALVA USB BC 640.

УТВЕРЖДЕНО
Протокол заседания кафедры

№ _____ от « _____ » _____ 20 ____ г.
наименование

ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ

(Изменения и дополнения в РПД вносятся ежегодно и оформляются в данной форме. Изменения вносятся заменой отдельных листов (старый лист при этом цветным маркером перечеркивается, а новый лист с изменением степлером прикалывается к рабочей программе (хранится на кафедре), в электронной форме РПД должна быть актуализированной всегда, т.е. с внесенными изменениями.

При наличии большого количества изменений и поправок, затрудняющих понимание, возникших в связи с изменением нормативной базы ВО и другим причинам, проводится полный пересмотр РПД (т.е. выпускается новая РПД), которая проходит все стадии проверки и утверждения).

в рабочей программе (модуле) дисциплины _____ шифр «Название дисциплины»

по направлению подготовки (специальности) _____

на 20 ____ / 20 ____ учебный год

1. В _____ вносятся следующие изменения:

(элемент рабочей программы)

1.1.;

1.2.;

...

1.9.

2. В _____ вносятся следующие изменения:

(элемент рабочей программы)

2.1.;

2.2.;

...

2.9.

3. В _____ вносятся следующие изменения:

(элемент рабочей программы)

3.1.;

3.2.;

...

3.9.

Составитель _____ Фамилия И.О.

(подпись, расшифровка подписи)

" _____ " _____ 20 ____ г.

Зав. кафедрой _____ Фамилия И.О.

(подпись, расшифровка подписи)