

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования\_  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий, математики и механики

---

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол № 10 от 02.12.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Строительная механика

---

Уровень высшего образования

Бакалавриат

---

Направление подготовки / специальность

15.03.03 - Прикладная механика

---

Направленность образовательной программы

Инженерное приложение суперкомпьютерного моделирования

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.33 Строительная механика относится к обязательной части образовательной программы.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-1: Способен анализировать поставленную задачу, используя знания фундаментальных физико-математических и компьютерных наук, проводить расчетно-экспериментальные работы и исследования, обрабатывать и анализировать результаты, оформлять отчетную документацию	ПК-1.1: Имеет необходимые для анализа поставленной задачи знания в области фундаментальных физико-математических и компьютерных наук ПК-1.2: Умеет проводить экспериментальные работы и исследования, обрабатывать и анализировать результаты ПК-1.3: Имеет практический опыт в оформлении отчетной документации	ПК-1.1: Имеет необходимые для анализа поставленной задачи знания в области фундаментальных физико-математических и компьютерных наук  ПК-1.2: Умеет проводить экспериментальные работы и исследования, обрабатывать и анализировать результаты  ПК-1.3: Владеет навыками оформления отчетной документации.	Задания	Зачёт: Контрольные вопросы

## 3. Структура и содержание дисциплины

### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	2
Часов по учебному плану	72
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	1
самостоятельная работа	23

Промежуточная аттестация	0 Зачёт
--------------------------	------------

### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
Тема 1. Стержневые системы.	29	6	14	20	9
Тема 2. Теория изгиба пластин.	28	7	12	19	9
Тема 3. Тонкостенные сосуды. Расчёт по без моментной теории.	14	3	6	9	5
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	72	16	32	49	23

#### Содержание разделов и тем дисциплины

Тема 1. Стержневые системы.

Статически определимые фермы и рамы. Построение эпюр внутренних усилий и моментов. Расчёт на прочность. Определение перемещений.

Раскрытие статической неопределимости стержневых систем методом сил. Канонические уравнения метода сил. Построение эпюр внутренних усилий и моментов. Расчёт на прочность. Определение перемещений.

Тема 2. Теория изгиба пластин.

История развития теории пластин.

Основные определения и гипотезы.

Геометрические характеристики слабо-изогнутой срединной плоскости.

Компоненты деформаций.

Внутренние усилия и моменты.

Соотношения между деформациями и моментами

Дифференциальное уравнение равновесия для бесконечно-малого элемента, вырезанного из срединной плоскости пластинки. Выражения перерезывающих сил через прогиб. Выражения напряжений через усилия и моменты.

Граничные условия.

Энергия деформации.

Основные соотношения и уравнение равновесия в полярной системе координат.

Расчёт на прочность круговой пластинки.

Исследование напряжённо-деформированного состояния круговой пластики.

Тема 3. Тонкостенные сосуды. Расчёт по без моментной теории.

Определение напряжений в оболочках вращения

Две теоремы, применяемые при расчёте тонкостенных сосудов.

Примеры расчёта на прочность оболочки, находящейся под повышенным давлением газа или заполненной жидкостью

#### **4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Самостоятельная работа студента при изучении дисциплины включает выполнение заданий под контролем преподавателя, решение домашних заданий, подготовку к тестированию и зачету.

Для самоконтроля у студента имеется возможность удаленного тестирования по дистанционному лекционному курсу.

Самостоятельная работа заключается в ознакомлении с теоретическим материалом по учебникам, указанным в списке литературы, решении практических задач, подготовке ответов на вопросы самоконтроля. Самостоятельная работа может происходить как в читальном зале библиотеки, так и в домашних условиях.

Самостоятельная работа под контролем преподавателя направлена на активизацию познавательной деятельности студента и установление «обратной связи» между студентом и преподавателем.

В соответствии с рабочей программой и тематическим планом изучение дисциплины проходит в виде аудиторной и самостоятельной работы студентов.

В рамках дисциплины предусмотрены следующие виды самостоятельной работы:

1. Повторение пройденного на занятиях материала.
2. Самостоятельное изучение отдельных вопросов программы.
3. Подготовка к практическим занятиям.
4. Подготовка к текущему контролю успеваемости 1 (тестирование).
5. Выполнение РГР в виде тематической контрольной работы.
6. Подготовка к текущему контролю успеваемости 2 (защита РГР).

#### **5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

**5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:**

**5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-1:**

1. Определение перемещения узла в статически-определимой ферме в заданном направлении.
2. Построение эпюр внутренних усилий и моментов статически-определимых рамах
3. Построение эпюр внутренних усилий и моментов в раме с прямолинейными и криволинейными стержнями

4. Статически-неопределимая балка; построение эпюр
5. Статически-неопределимая рама; построение эпюр
6. Расчет на прочность при изгибе круговой пластинки
7. Построение эпюр нормальных усилий в тонкостенной оболочке вращения по безмоментной теории. Проверка прочности

### Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Ответ полный и правильный на основании изученной теории; теоретический материал и решение поставленных задач изложены в необходимой логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный. Могут быть допущены две-три не существенные ошибки, исправленные по требованию преподавателя.
не зачтено	Ответ обнаруживает непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя.

### 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

#### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько не существенных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном

			все задания, но не в полном объеме	Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	в полном объеме, но некоторые с недочетами	и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### 5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

#### 5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-1

1. Понятие статически-неопределимой балки и рамы.
2. Раскрытие статической неопределимости с помощью канонических уравнений метода сил.

3. Уравнение трех моментов для статически-неопределимой балки.
4. Основные определения и гипотезы при изгибе тонких пластин.
5. Дифференциальное уравнение равновесия для бесконечно-малого элемента, вырезанного из срединной плоскости пластинки.
6. Определение внутренних усилий и моментов через прогиб при изгибе пластин.
7. Определение напряжений через внутренние усилия и моменты.
8. Граничные условия при изгибе пластин.
9. Расчет на прочность изгибаемой пластинки.
10. Понятие тонкостенного сосуда, рассчитываемого по безмоментной теории.
11. Две теории, применяемые при расчете тонкостенных сосудов.

1) Какие расчетные схемы обычно выбираются для тонкостенных конструкций?

1. Ферма.
2. Рама.
3. Оболочка.
4. Пластина.
5. Мембрана.
6. Сдвиговая панель.
7. Тело вращения.

2) Что называется оболочкой?

3) Что называется пластиной?

4) Что называется фермой?

5) Что называется рамой?

6) Что называется стержнем или брусом?

7) Какая расчетная схема тонкостенной конструкции является наиболее общей?

1. Оболочка.
2. Пластина.
3. Мембрана.
4. Сдвиговая панель.

**8) Какая расчетная схема тонкостенной конструкции является наиболее простой?**

1. Оболочка.
2. Пластина.
3. Мембрана.
4. Сдвиговая панель.

**9) Какие физические гипотезы используются в теории пластин и оболочек для сведения трехмерной задачи к двумерной?**

1. Прямых нормалей.
2. О независимом повороте нормали.
3. О недеформируемости срединной поверхности.
4. Плоских сечений.
5. О плоском законе распределения осевых деформаций.

**10) Какие гипотезы учитывают деформации поперечного сдвига?**

1. Кирхгофа-Лява.
2. Типа Тимошенко.
3. Миндлина-Рейсснера.
4. О недеформируемости срединной плоскости.
5. О ненадавливании слоев друг на друга.

**11) Как работает оболочка?**

1. На растяжение-сжатие в плоскостях, касательных к срединной поверхности.
2. На сдвиг в плоскостях, касательных к срединной поверхности.
3. На изгиб.
4. На кручение.

**12) Как работает пластина, если принимается допущение о недеформируемости срединной плоскости?**

1. На растяжение-сжатие в своей плоскости.
2. На сдвиг в своей плоскости.
3. На изгиб.
4. На кручение.

**13) Как работает мембрана?**

1. На растяжение-сжатие в плоскостях, касательных к срединной поверхности.
2. На сдвиг в плоскостях, касательных к срединной поверхности.
3. На изгиб.
4. На кручение.

**14) Как работает сдвиговая панель?**

1. На растяжение-сжатие в плоскостях, касательных к срединной поверхности.
2. На сдвиг в плоскостях, касательных к срединной поверхности.
3. На изгиб.
4. На кручение.



**15) Во сколько раз характерный размер должен превышать толщину, чтобы пластину (или) оболочку можно было считать тонкой?**

1. В три раза.
2. В пять раз.
3. В десять раз.
4. В пятьдесят раз.
5. В сто раз.

**16) В чем суть гипотезы Кирхгофа-Лява?**

1. Любой прямолинейный элемент, нормальный к срединной поверхности, остается прямолинейным, нормальным к деформируемой срединной поверхности и сохраняет свою длину.
2. Любой прямолинейный элемент, нормальный к срединной поверхности, не искривляется, но в общем случае не остается нормальным к деформируемой срединной поверхности.
3. Точки, лежащие на срединной поверхности, перемещаются перпендикулярно этой поверхности.
4. Отсутствует надавливание между слоями.
5. Напряжения постоянны по толщине.

**17) В чем суть гипотезы типа Тимошенко?**

1. Любой прямолинейный элемент, нормальный к срединной поверхности, остается прямолинейным, нормальным к деформируемой срединной поверхности и сохраняет свою длину.
2. Любой прямолинейный элемент, нормальный к срединной поверхности, не искривляется, но в общем случае не остается нормальным к деформируемой срединной поверхности.
3. Точки, лежащие на срединной поверхности, перемещаются перпендикулярно этой поверхности.
4. Отсутствует надавливание между слоями.
5. Напряжения постоянны по толщине.

**18) В чем суть гипотезы Миндлина-Рейснера?**

1. Любой прямолинейный элемент, нормальный к срединной поверхности, остается прямолинейным, нормальным к деформируемой срединной поверхности и сохраняет свою длину.
2. Любой прямолинейный элемент, нормальный к срединной поверхности, не искривляется, но в общем случае не остается нормальным к деформируемой срединной поверхности.
3. Точки, лежащие на срединной поверхности, перемещаются перпендикулярно этой поверхности.
4. Отсутствует надавливание между слоями.
5. Напряжения считаются постоянными по толщине.

**19) Как по-другому называется гипотеза прямых нормалей?**

1. Кирхгофа-Лява.
2. Типа Тимошенко.
3. Миндлина-Рейсснера.
4. Бернулли-Эйлера.
5. Ньютона-Рафсона.

**20) Как по-другому может называться гипотеза о независимом повороте нормали?**

1. Кирхгофа-Лява.
2. Типа Тимошенко.
3. Миндлина-Рейсснера.
4. Бернулли-Эйлера.
5. Ньютона-Рафсона.

**21) Какие конечные элементы называются совместными?**

1. Обеспечивающие непрерывность поля перемещений.
2. Обеспечивающие непрерывность поля деформаций.
3. Обеспечивающие непрерывность поля напряжений.
4. Если аппроксимация перемещений и геометрии осуществляется с помощью одних и тех же соотношений.
5. Когда углы поворота нормали выражаются через производные от перемещений срединной поверхности.

**22) Какие конечные элементы называются изопараметрическими?**

1. Обеспечивающие непрерывность поля перемещений.
2. Обеспечивающие непрерывность поля деформаций.
3. Обеспечивающие непрерывность поля напряжений.
4. Если аппроксимация перемещений и геометрии осуществляется с помощью одних и тех же соотношений.
5. Когда углы поворота нормали выражаются через производные от перемещений срединной поверхности.

**23) Какой элемент специально предназначен для моделирования сдвиговой панели?**

1. SHELL28.
2. SHELL41.
3. SHELL43.
4. SHELL63.
5. SHELL91.
6. SHELL93.
7. SHELL99.
8. SHELL181.

**24) Какой элемент специально предназначен для моделирования мембраны?**

1. SHELL28.
2. SHELL41.
3. SHELL43.
4. SHELL63.
5. SHELL93.
6. SHELL181.

**25) Какие степени свободы определены в узлах элемента SHELL41?**

1. UX.
2. UY.
3. UZ.
4. ROTX.
5. ROTY.
6. ROTZ.

**26) Какие степени свободы определены в узлах элемента SHELL63?**

1. UX.
2. UY.
3. UZ.
4. ROTX.
5. ROTY.
6. ROTZ.

**27) Какие из перечисленных ниже оболочечных элементов позволяют учитывать пластичность материала?**

1. SHELL28.
2. SHELL41.
3. SHELL43.
4. SHELL63.
5. SHELL93.
6. SHELL181.

**28) Какие из перечисленных ниже оболочечных элементов позволяют учитывать конечные деформации?**

1. SHELL28.
2. SHELL41.
3. SHELL43.
4. SHELL63.
5. SHELL93.
6. SHELL181.

**29) Какие из перечисленных ниже оболочечных элементов позволяют задавать поперечные сечения?**

1. SHELL28.
2. SHELL41.
3. SHELL43.
4. SHELL63.
5. SHELL93.
6. SHELL181.

**30) Какие из перечисленных ниже оболочечных элементов являются элементами второго порядка?**

1. SHELL28.
2. SHELL41.
3. SHELL43.
4. SHELL63.
5. SHELL93.
6. SHELL181.

**31) Какие из перечисленных ниже элементов являются элементами упругой оболочки, построенными на базе классической гипотезы без учета деформаций поперечного сдвига?**

1. SHELL28.
2. SHELL41.
3. SHELL43.
4. SHELL63.
5. SHELL93.
6. SHELL181.

**32) Что называется силовой схемой конструкции?**

1. Упрощенное изображение конструкции, которое фигурирует в расчете.
2. Конструкция после исключения элементов, которые не участвуют в силовой работе.
3. Конечно-элементная модель.
4. Геометрическая модель.

**33) Что называется расчетной схемой?**

1. Упрощенное изображение конструкции, которое фигурирует в расчете.
2. Конструкция после исключения элементов, которые не участвуют в силовой работе.
3. Конечно-элементная модель.
4. Геометрическая модель.

**34) Какие расчетные схемы обычно выбираются для стержневых конструкций?**

1. Ферма.
2. Рама.
3. Пластина.
4. Оболочка.
5. Сдвиговая панель.
6. Тело вращения.

**35) Какая расчетная схема стержневой конструкции является наиболее простой?**

1. Ферма.
2. Рама.
3. Пластина.
4. Оболочка.
5. Сдвиговая панель.
6. Тело вращения.

**36) Какие силовые факторы возникают в сечениях стержней фермы?**

1. Осевая сила.
2. Перерезывающие силы.
3. Изгибающие моменты.
4. Крутящий момент.

**37) Какие силовые факторы возникают в сечениях стержней рамы?**

1. Осевая сила.
2. Перерезывающие силы.
3. Изгибающие моменты.
4. Крутящий момент.

**38) Что называется ферменным элементом?**

1. Прямолинейный стержень, который присоединяется к другим элементам посредством идеальных шарниров.
2. Прямолинейный брус, способный воспринимать все виды нагрузок.
3. Прямолинейный стержень, работающий только на кручение.
4. Прямолинейный брус, работающий только на изгиб.

**39) Что называется балочным элементом?**

1. Прямолинейный стержень, который присоединяется к другим элементам посредством идеальных шарниров.
2. Прямолинейный брус, способный воспринимать все виды нагрузок.
3. Прямолинейный стержень, работающий только на кручение.
4. Прямолинейный брус, работающий только на изгиб.

**40) Какими данными однозначно определяется ферменный элемент?**

1. Двумя узлами.
2. Площадью поперечного сечения.
3. Моментами инерции сечения относительно двух его главных центральных осей.
4. Моментом инерции на кручение.
5. Свойствами материала.
6. Центробежным моментом инерции сечения.
7. Полярным моментом инерции сечения.

**41) Какими данными однозначно определяется балочный элемент?**

1. Двумя узлами.
2. Площадью поперечного сечения.
3. Моментами инерции сечения относительно двух его главных центральных осей.
4. Моментом инерции на кручение.
5. Свойствами материала.
6. Центробежным моментом инерции сечения.
7. Полярным моментом инерции сечения.

**42) Какая категория библиотеки элементов ANSYS включает в себя ферменные элементы?**

1. LINK.
2. BEAM.
3. BAR.
4. ROD.
5. PLANE.
6. SHELL.
7. SOLID.

**43) Какая категория библиотеки элементов ANSYS включает в себя балочные элементы?**

1. LINK.
2. BEAM.
3. BAR.
4. ROD.
5. PLANE.
6. SHELL.
7. SOLID.

**44) Какие из перечисленных ниже элементов являются двухмерными ферменными элементами?**

1. LINK1.
2. LINK8.
3. LINK10.
4. LINK11.
5. LINK180.

**45) Какие из перечисленных ниже элементов являются трехмерными ферменными элементами?**

1. LINK1.
2. LINK8.
3. LINK10.
4. LINK11.
5. LINK180.

**46) Какие степени свободы определены в узлах элемента LINK1?**

1. UX.
2. UY.
3. UZ.
4. ROTX.
5. ROTY.
6. ROTZ.

**47) Какие степени свободы определены в узлах элемента LINK8?**

1. UX.
2. UY.
3. UZ.
4. ROTX.
5. ROTY.
6. ROTZ.

**48) Какие степени свободы определены в узлах элемента LINK180?**

1. UX.
2. UY.
3. UZ.
4. ROTX.
5. ROTY.
6. ROTZ.

**49) Какие ферменные элементы позволяют задавать начальную деформацию?**

1. LINK1.
2. LINK8.
3. LINK10.
4. LINK11.
5. LINK180.

**50) Какие ферменные элементы позволяют задавать дополнительную неконструкционную массу?**

1. LINK1.
2. LINK8.
3. LINK10.
4. LINK11.
5. LINK180.

**51) Какие ферменные элементы позволяют учитывать конечные деформации?**

1. LINK1.
2. LINK8.
3. LINK10.
4. LINK11.
5. LINK180.

**52) Какие из перечисленных ниже элементов являются двухмерными балочными элементами?**

1. BEAM3.
2. BEAM4.
3. BEAM54.
4. BEAM44.
5. BEAM188.
6. BEAM189.

**53) Какие из перечисленных ниже элементов являются трехмерными балочными элементами?**

1. BEAM3.
2. BEAM4.
3. BEAM54.
4. BEAM44.
5. BEAM188.
6. BEAM189.

**54) Какие из перечисленных ниже элементов являются балочными элементами второго порядка?**

1. BEAM3.
2. BEAM4.
3. BEAM54.
4. BEAM44.
5. BEAM188.
6. BEAM189.

**55) Какие из перечисленных ниже элементов являются балочными элементами переменного сечения?**

1. BEAM3.
2. BEAM4.
3. BEAM54.
4. BEAM44.
5. BEAM188.
6. BEAM189.

**56) Какие из перечисленных ниже балочных элементов позволяют учитывать пластичность материала?**

1. BEAM3.
2. BEAM4.
3. BEAM54.
4. BEAM44.
5. BEAM188.
6. BEAM189.

**57) Какие из перечисленных ниже балочных элементов позволяют учитывать конечные деформации?**

1. BEAM3.
2. BEAM4.
3. BEAM54.
4. BEAM44.
5. BEAM188.
6. BEAM189.

**58) Какие степени свободы определены в узлах элемента BEAM3?**

1. UX.
2. UY.
3. UZ.
4. ROTX.
5. ROTY.
6. ROTZ.
7. WARP.

**59) Какие степени свободы определены в узлах элемента BEAM4?**

1. UX.
2. UY.
3. UZ.
4. ROTX.
5. ROTY.
6. ROTZ.
7. WARP.



**60) Какие степени свободы определены в узлах элемента BEAM54?**

1. UX.
2. UY.
3. UZ.
4. ROTX.
5. ROTY.
6. ROTZ.
7. WARP.

**61) Какие степени свободы определены в узлах элемента BEAM44?**

1. UX.
2. UY.
3. UZ.
4. ROTX.
5. ROTY.
6. ROTZ.
7. WARP.

**62) Какие степени свободы определены в узлах элемента BEAM188?**

1. UX.
2. UY.
3. UZ.
4. ROTX.
5. ROTY.
6. ROTZ.
7. WARP.

**63) Какие степени свободы определены в узлах элемента BEAM189?**

1. UX.
2. UY.
3. UZ.
4. ROTX.
5. ROTY.
6. ROTZ.
7. WARP.

**64) Как по умолчанию ориентируется ось у системы координат трехмерного балочного элемента?**

1. Параллельно плоскости XY глобальной декартовой системы координат.
2. Параллельно плоскости YZ глобальной декартовой системы координат.
3. Параллельно плоскости ZX глобальной декартовой системы координат.
4. В направлении оси X глобальной декартовой системы координат.
5. В направлении оси Y глобальной декартовой системы координат.
6. В направлении оси Z глобальной декартовой системы координат.

**65) Как по умолчанию ориентируется ось у системы координат трехмерного балочного элемента в случае, когда он параллелен глобальной оси Z?**

1. Параллельно плоскости XY глобальной декартовой системы координат.
2. Параллельно плоскости YZ глобальной декартовой системы координат.
3. Параллельно плоскости ZX глобальной декартовой системы координат.
4. В направлении оси X глобальной декартовой системы координат.
5. В направлении оси Y глобальной декартовой системы координат.
6. В направлении оси Z глобальной декартовой системы координат.

**66) Для чего используется дополнительный узел К в трехмерном балочном элементе?**

1. Для альтернативного задания системы координат элемента.
2. Для получения элемента второго порядка.
3. Для альтернативного задания узловой системы координат.
4. Для увеличения степени функции формы.
5. Для задания смещений узла относительно оси балки.

**67) Какие элементы не используют реальные постоянные?**

1. BEAM3.
2. BEAM4.
3. BEAM54.
4. BEAM44.
5. BEAM188.
6. BEAM189.
7. LINK1.
8. LINK8.
9. LINK180.

**68) Какие степени свободы двух совпадающих узлов необходимо связать для моделирования сферического шарнира?**

1. UX.
2. UY.
3. UZ.
4. ROTX.
5. ROTY.
6. ROTZ.

**69) Какие степени свободы двух совпадающих узлов необходимо связать для моделирования цилиндрического шарнира с осью вращения, параллельной оси z узловой системы координат?**

1. UX.
2. UY.
3. UZ.
4. ROTX.
5. ROTY.
6. ROTZ.

**70) Где по умолчанию располагаются узлы балочных элементов BEAM188 и BEAM189?**

1. В центре тяжести сечения.
  2. В центре сдвига сечения.
  3. В центре кручения сечения.
  4. В центре изгиба сечения.
  5. В начале системы координат сечения.
-

Что такое **напряжение**?

В каких единицах измеряются напряжения?

Какие напряжения выделяют?

Как они работают в поперечном сечении?

Какие деформации вызывают какие напряжения?

Как обозначаются **нормальные** и **касательные напряжения**?

Что означают индексы для нормальных и касательных напряжений?

Когда известно напряженное состояние в точке деформируемого твердого тела?

Сформулируйте закон взаимности касательных напряжений.

Как **нормальные**  $\sigma_\alpha$  и **касательные**  $\tau_\alpha$  **напряжения в произвольно наклоненной площадке** определяются по известным нормальным  $\sigma_y, \sigma_z$  и касательным  $\tau_{zy} = \tau_{yz}$  напряжениям в исходных площадках при плоском напряженном состоянии (**ПНС**)?

**Какие площадки и напряжения называют главными?**

По какому правилу нумеруются главные напряжения?

Какие бывают типы напряженного состояния в точке?

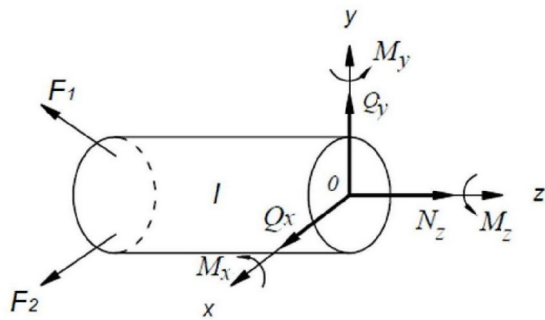
Запишите формулу для определения положения главных площадок для плоского напряженного состояния (ПНС).

Запишите формулу для определения главных напряжений для плоского напряженного состояния (ПНС).

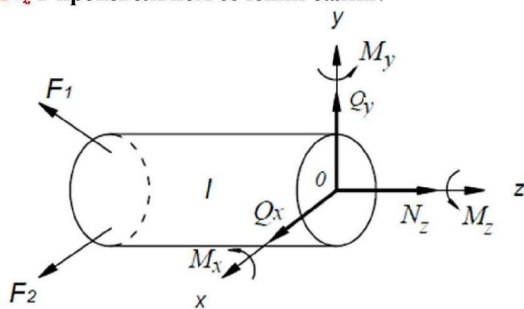
Сформулируйте правила знаков для нормальных и касательных напряжений.

Сформулируйте правило знаков для угла поворота исходной площадки к главной.

Назовите все **внутренние силовые факторы (ВСФ)** в произвольном сечении балки.

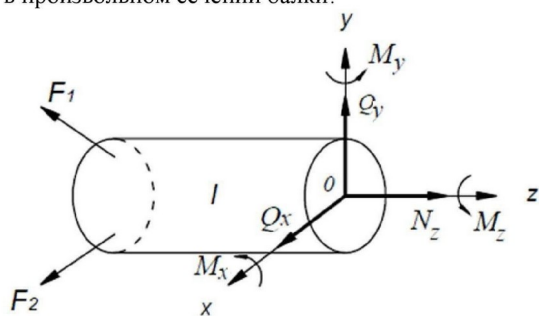


Как определяется **нормальная (продольная) сила  $N_z$**  в произвольном сечении балки?



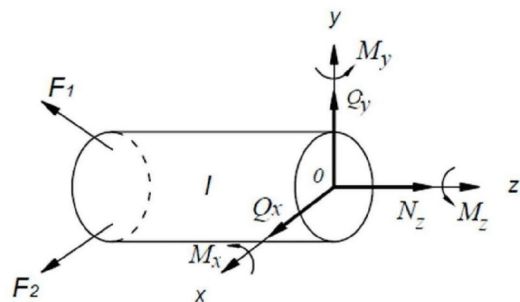
Какими деформациями вызывается нормальная (продольная) сила  $N_z$  в произвольном сечении балки?

Как определяется поперечная сила  **$Q_x$  или  $Q_y$**  в произвольном сечении балки?



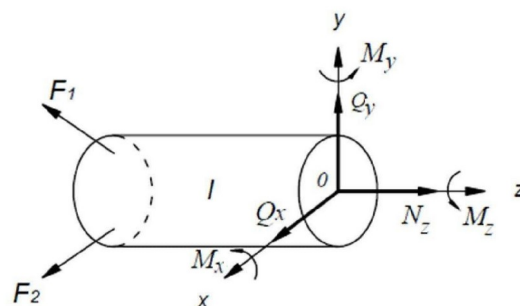
При какой деформации возникает поперечная сила  **$Q_x$  или  $Q_y$**  в произвольном сечении балки?

Как определяется крутящий момент  $M_z$  в произвольном сечении балки?



При какой деформации возникает крутящий момент  $M_z$  в произвольном сечении балки?

Как определяется изгибающий момент  $M_x$  ( $M_y$ ) в произвольном сечении балки?



При какой деформации возникает изгибающий момент  $M_x$  (или  $M_y$ ) в произвольном сечении балки?

**Запишите интегральные зависимости между внутренними силовыми факторами и напряжениями**

Какие исследования проводятся для определения напряжений, возникающих от каждого внутреннего силового фактора (ВСФ) и закона распределения напряжений по сечению балки?

Что устанавливает геометрическое исследование и на чем оно основывается?

Сформулируйте гипотезу плоских поперечных сечений Я. Бернулли.

Что определяет **физическое исследование** и на чем оно основывается?

Что устанавливает **статическое исследование** и на чем оно основывается?

В виде каких напряжений нормальная (продольная) сила  $N_z$  распределяется по сечению балки?

Как определяются **нормальные напряжения** от продольной силы  $N_z$ ?

Как или по какому закону нормальные напряжения от продольной силы распределяются по сечению?

Какие точки опасного сечения являются опасными при растяжении и сжатии?

Какое напряженное состояние испытывают опасные точки при растяжении и сжатии?

Что такое **чистый изгиб**?

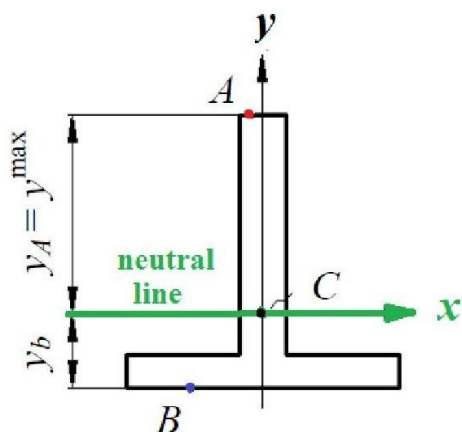
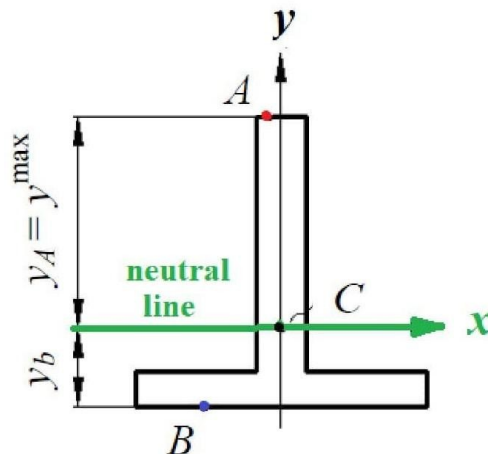
Что такое **прямой поперечный изгиб**?

В виде каких напряжений распределяется изгибающий момент  $M_x$  по сечению?

По какому закону нормальные напряжения  $\sigma_z$  от изгибающего момента  $M_x$  распределяются по сечению?

Какое напряженное состояние испытывают точки, наиболее удаленные от нейтральной линии, при деформации изгиба?

Какие точки сечения являются опасными при деформации изгиба?





В виде каких  
напряжений  
распределяется  
поперечная сила  
 $Q_y$  по сечению?

По какой формуле  
определяются  
напряжения  
от поперечной силы  
 $Q_y$  ?

Каков закон распределения  
касательных напряжений  
для прямоугольного  
сечения?

Какие балки называются  
длинными?  
Что можно сказать о  
поперечных силах и  
касательных напряжениях  
для них?

В виде каких  
напряжений  
распределяется  
крутящий момент  
 $M_z$  по круглому  
сечению?

По какому закону  
касательные  
напряжения от  
крутящего момента  
 $M_z$  распределяются  
по сечению?

Какие точки опасного  
сечения являются  
опасными для  
деформации  
кручения?

Какого рода  
напряженное  
состояние  
*испытывает любая  
точка A на контуре  
круглого и кольцевого  
сечений* при  
кручении?

По какой *формуле*  
определяются  
касательные  
напряжения от  
крутящего момента  
 $M_z$  для некруглого  
(прямоугольного)  
сечения?

В каких точках  
действуют  
максимальные  
касательные  
напряжения?

Как определяется суммарное  
или полное нормальное  
напряжение в произвольной  
точке при сложной  
деформации (сложное  
сопротивление)?

В каких точках сечения  
возникает наибольшее  
нормальное напряжение  
при сложном  
сопротивлении?

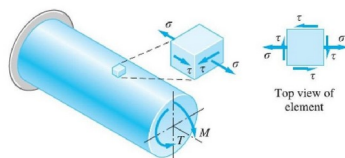
Запишите уравнение  
нейтральной линии.

Как определяются  
максимальные  
касательные  
напряжения для  
сложного  
сопротивления  
сопротивления?

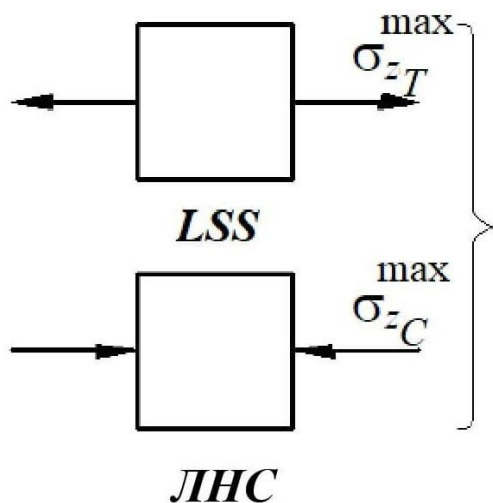
**Назовите этапы  
(шаги) общей  
процедуры  
расчета на  
прочность.**

Что такое опасное  
сечение?

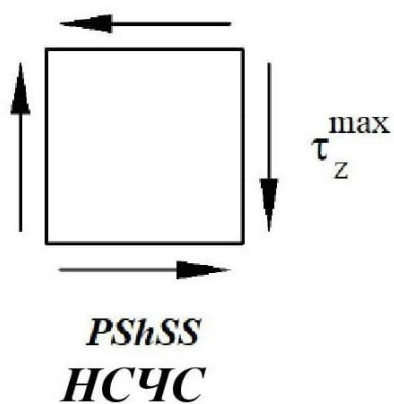
Какая точка  
опасного сечения  
является опасной ?



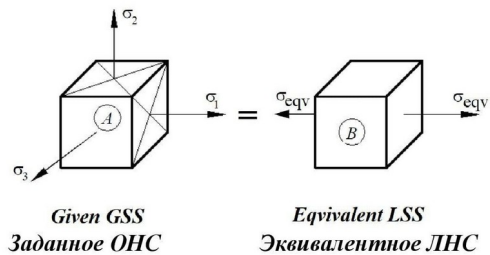
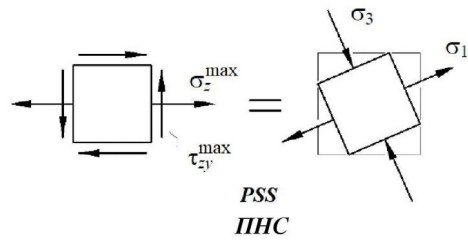
Запишите условие  
прочности для  
линейного  
напряженного  
состояния (*ЛНС*).



Запишите условие  
прочности для  
напряженного состояния  
чистого сдвига (*НСЧС*).



Запишите условие прочности для сложного (комбинированного) напряженного состояния (ПНС или ОНС).

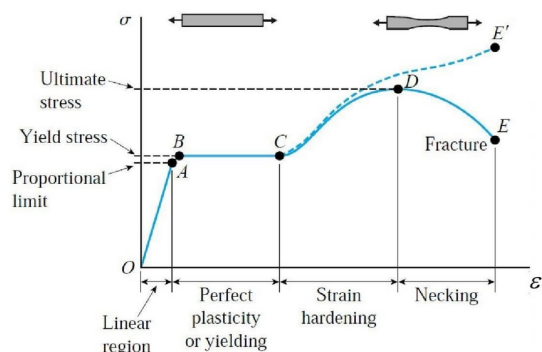


Сформулируйте условие прочности, используя  
теорию пластичности по  
касательным напряжениям

теорию пластичности по  
октаэдрическим  
касательным напряжениям

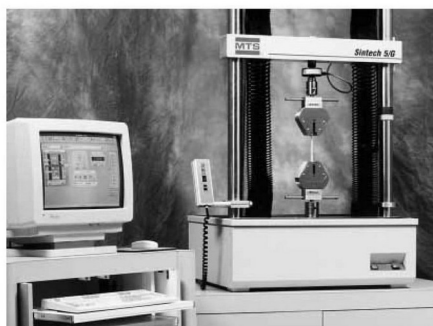
обобщенную теорию  
прочности Отто Мора

Какие характерные участки и точки можно выделить на диаграмме условных напряжений для низкоуглеродистой стали?



**Stress-strain diagram for low-carbon steel**  
**Диаграмма напряжений**  
**для низкоуглеродистой стали**

Как получается диаграмма напряжений  $\sigma = \sigma(\epsilon)$  и что она позволяет определить?



Покажите типичную диаграмму напряжений для низкоуглеродистой стали.

Покажите диаграмму напряжений, характерную для углеродистой стали, меди, алюминия.

Покажите характерную диаграмму напряжений для чугуна, бетона, кирпича.

Как определяется допустимое нормальное напряжение  $[\sigma]$  для пластичных материалов ?

Что такое предел текучести  $\sigma_T$  ?

Условный предел текучести  $\sigma_{0.2}$  ?

Как определяются допустимые нормальные растягивающие  $[\sigma]_p$  и сжимающие  $[\sigma]_c$  напряжения для хрупких материалов ?

Что такое предел прочности на растяжение (предельное растягивающее напряжение)  $\sigma_B^P$ , предел прочности на сжатие  $\sigma_B^C$  ?

Запишите примерные значения коэффициента запаса прочности для пластичных и хрупких материалов.

Как определяется допустимое касательное напряжение  $[\tau]$  для пластичных и хрупких материалов ?



Что такое  
**пластичность**  
материала?

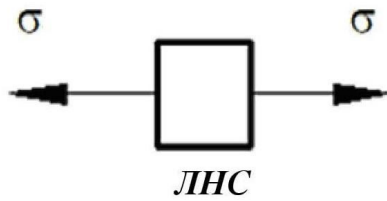
Какие  
**характеристики**  
**пластичности**  
вы знаете?

Что такое предел  
пропорциональности  
 $\sigma_{ПЦ}$  ?

Что такое предел  
текучести  
 $\sigma_T$  ?

Что такое предел  
прочности  $\sigma_B$  ?

Напишите закон Гука для линейного напряженного состояния (ЛНС).



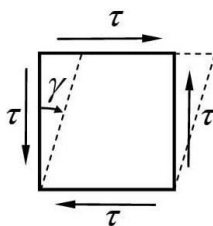
Что характеризует модуль упругости  $E$  или модуль Юнга?

В каких единицах измеряется модуль Юнга?

Что такое коэффициент Пуассона?

В каких пределах он изменяется?

Запишите закон Гука для напряженного состояния чистого сдвига (НСЧС).



НСЧС

Что характеризует модуль сдвига  $G$  ?

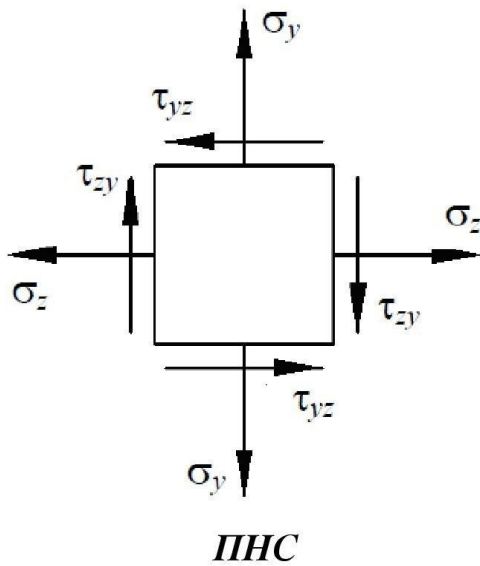
В каких единицах он измеряется?

Какие упругие характеристики материала вы знаете?

Какова теоретическая взаимосвязь между ними?

Напишите закон Гука для объемного напряженного состояния (ОНС).

Напишите закон Гука для плоского напряженного состояния (ПНС).



Что такое абсолютные и относительные линейные деформации?

В каких единицах они измеряются?

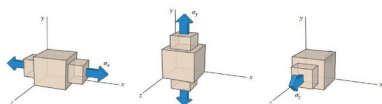
Что такое абсолютные и относительные угловые деформации?

В каких единицах они измеряются?

Какие деформации являются аналогом нормальных напряжений, касательных напряжений?

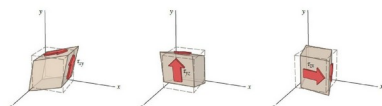
Чем характеризуется деформированное состояние в точке?

Что характеризуют относительные линейные деформации и какими напряжениями они вызываются?



Какое у них измерение?

Что характеризуют относительные угловые деформации и какие напряжения их вызывают?



Какое у них измерение?

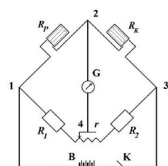
Запишите формулу для определения *относительной линейной деформации  $\varepsilon_\alpha$  в произвольном направлении по аналогии с нормальным напряжением  $\sigma_\alpha$  для плоского напряженного состояния (ПНС)*

$$\sigma_\alpha = \sigma_z \cos^2 \alpha + \sigma_y \sin^2 \alpha - \tau_{zy} \sin 2\alpha;$$

Запишите формулу для определения *главных деформаций  $\varepsilon_{\max}$  по аналогии с главными напряжениями для плоского напряженного состояния (ПНС)*

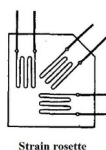
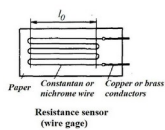
$$\sigma_{\max}^{\min} = \sigma_{1,3} = \frac{\sigma_z + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_z - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{zy}^2}.$$

Какие приборы широко применяются для экспериментального исследования напряженно-деформированного состояния элементов и конструкций машин?

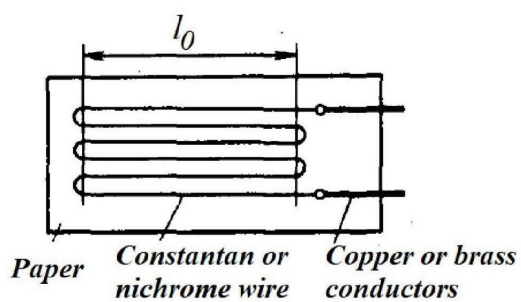


Bridge circuit with readout by galvanometer:

K-key, B - power supply, G - galvanometer,  $R_P$  - working sensor,  $R_K$  - compensating sensor,  $R_1$  and  $R_2$  - resistances,  $r$  - variable resistance



Что такое электрические тензометры или **тензорезисторы?**



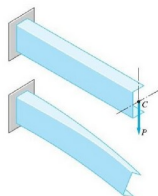
Resistance sensor (wire gage)

В чем суть методов тензометрирования?

Что должен знать инженер о конструктивных элементах под нагрузкой?

Что это за условия?

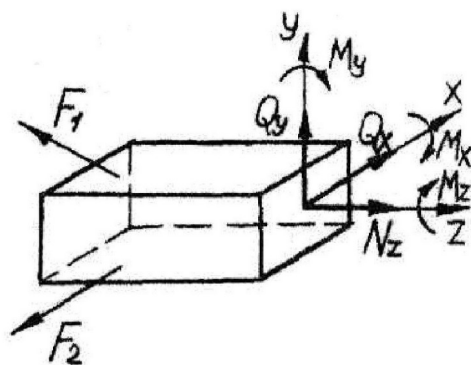
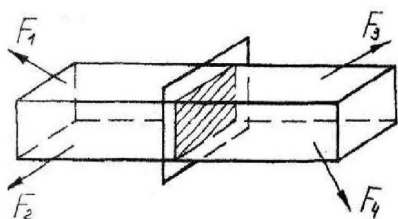
Что это значит:  
конструктивный  
элемент (балка)  
деформируется?



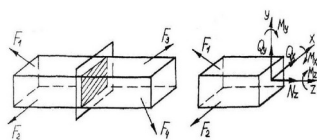
Что такое разрушение  
тела?

**Назовите шаги метода  
сечений.**

**Объясните суть метода  
сечений.**



Напишите уравнения  
равновесия для  
определения внутренних  
силовых факторов.



# Дайте определение силового участка.

**Что такое эпюры  
внутренних силовых  
факторов?**

**Что такое опасное сечение?**

**Что такое перемещение?**

**Какие виды перемещений  
вы знаете?**

**Что такое жесткость?**

**Что такое деформация  
осевого растяжения-  
сжатия?**

**Как внешние нагрузки  
действуют на балку?**

**Какой внутренний силовой  
фактор возникает при  
этом?**

**Какие конструктивные  
элементы подвергаются  
деформации растяжения-  
сжатия?**





**Сформулируйте правило определения и знаки для нормальной силы  $N_z$ .**

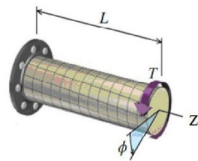
**Какое перемещение получает произвольное поперечное сечение стержня при растяжении-сжатии?**

Что такое деформация кручения?

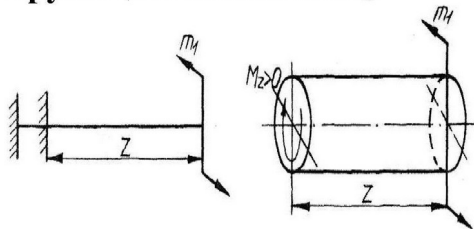
Как внешние нагрузки действуют на балку?

Какой внутренний силовой фактор возникает в этом случае?

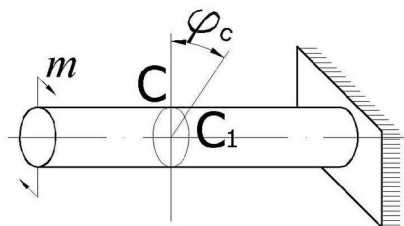
Какие конструктивные элементы испытывают кручение?



**Сформулируйте правило определения и знаки для крутящего момента  $M_z$ .**



**Какое перемещение получает при кручении произвольное поперечное сечение вала?**

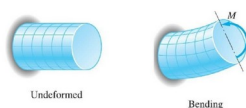


**Что такое прямой поперечный изгиб?**

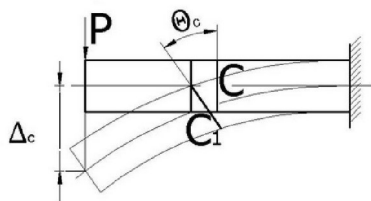
**Как внешние нагрузки действуют на балку?**

**Какие внутренние силовые факторы возникают в этом случае?**

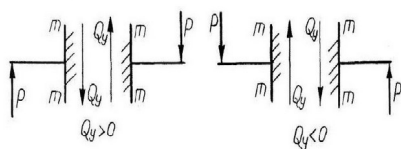
**Какие элементы конструкции подвергаются деформации прямого поперечного изгиба?**



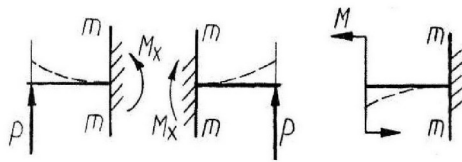
**Какие перемещения получает при изгибе произвольное поперечное сечение балки?**



**Сформулируйте правило определения и знаки для поперечной силы  $Q_y$ .**



Сформулируйте правило  
определения и знаки для  
изгибающего момента  $M_x$ .



**Как формулируется  
условие жесткости?**

**Как определяются  
линейные перемещения  
при растяжении-сжатии  
стержня методом Мора?**

**Как определяются  
линейные перемещения  
при растяжении-сжатии  
бруса способом  
Верещагина?**

**Как определяются  
угловые перемещения  
при кручении валов  
методом Мора?**

**Как определяются  
угловые перемещения  
при кручении валов  
способом Верещагина?**

**Как определяются  
линейные и угловые  
перемещения при изгибе  
балок методом Мора?**

**Как определяются  
линейные и угловые  
перемещения при изгибе  
балок способом  
Верещагина?**

**Какие методы  
определения  
перемещений вы знаете?**

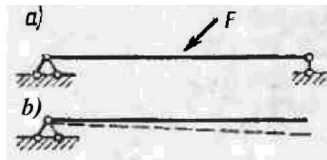
**Что такое грузовая  
система ?**

**Что такое единичная  
система ?**

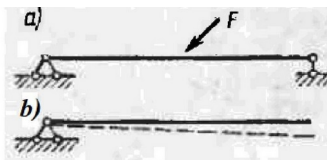
**Какие системы называются статически определенными?**

**Какие системы называются статически неопределенными?**

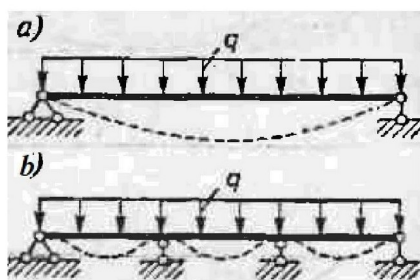
Какая система называется геометрически неизменяемой?



Какая система называется кинематически изменяемой?



**Как определяется степень статической неопределенности?**



**Что значит раскрыть  
статическую  
неопределимость?**

**Какой метод  
используется для  
раскрытия статической  
неопределённости?**

**Что такое основная  
система?**

**Что такое эквивалентная  
система?**

**Сформулируйте смысл  
условий  
эквивалентности или  
системы канонических  
уравнений?**

**Что означают величины  
 $X_i$ ,  $\delta_{ij}$ ,  $\Delta_{iP}$  в системе  
канонических  
уравнений?**

**Каков физический смысл  
произведения  $\delta_{ij} X_j$  ?**

**Какой физический  
смысл каждого из  
канонических  
уравнений?**

**В каком порядке  
производится расчет  
статически неопределимых  
систем?**

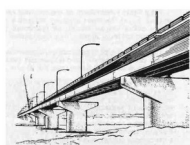
**В каком порядке  
производится расчет  
статически неопределимых  
систем?**

**Как  
определяются  
коэффициенты  
 $\delta_{ik}$ , и грузовые  
члены  $\Delta_{iP}$   
системы  
канонических  
уравнений?**

**Как определяются значения неизвестных  $X_i$ ?**

Как проводится деформационная проверка ?

Приведите примеры статически неопределимых систем.



**Каковы особенности, присущие статически неопределимым системам?**

---



---





---

## Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Ответ полный и правильный на основании изученной теории; теоретический материал и решение поставленных задач изложены в необходимой логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный. Могут быть допущены две-три незначительные ошибки, исправленные по требованию преподавателя.
не зачтено	Ответ обнаруживает непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя.

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Феодосьев Всеволод Иванович. Соппротивление материалов : [учеб. для втузов]. - 9-е изд., перераб. - М. : Наука, 1986. - 512 с. : ил. - 1.10., 33 экз.
2. Тимошенко Степан Прокофьевич. Пластинки и оболочки / пер. с англ. В. И. Контонта ; под ред. Г. С. Шапиро. - Изд. 2-е, стер. - М. : Наука, 1966. - 635 с. : черт. - 3.00., 2 экз.
3. Тимошенко Степан Прокофьевич. Колебания в инженерном деле / пер. с англ. Я. Г. Панова с 3-го амер. изд., перераб. совместно с Д. Х. Янгом. - Изд. 2-е. - М. : Наука, 1967. - 444 с. : черт. - 2.20., 11 экз.

Дополнительная литература:

1. Феодосьев Всеволод Иванович. Соппротивление материалов : [учеб. для втузов]. - 8-е изд., стер. - М. : Наука, 1979. - 559 с. : ил. - 1.10., 1 экз.
2. Писаренко Георгий Степанович. Справочник по сопротивлению материалов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Киев : Наукова думка, 1988. - 734 с. : ил. - ISBN 5-12-000299-4 (в пер.) : 2.10., 1 экз.
3. Гольденвейзер Алексей Львович. Теория упругих тонких оболочек. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Наука, 1976. - 512 с. : ил. - 3.22., 2 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics.htm>

## 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: проектор

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную

информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 15.03.03 - Прикладная механика.

Автор(ы): Сергеев Олег Анатольевич, кандидат технических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Игумнов Леонид Александрович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 02.12.2024, протокол № 5.