

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**

Физико-механический практикум

---

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.28 Физико-механический практикум 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
ОПК-13: Способен владеть методами информационных технологий подготовки конструкторско-технологической документации с соблюдением основных требований информационной безопасности;	ОПК-13.1: Демонстрирует знание основ информационных технологий подготовки конструкторско-технологической документации с соблюдением основных требований к информационной безопасности ОПК-13.2: Демонстрирует умение применять методы информационных технологий подготовки конструкторско-технологической документации с соблюдением основных требований к информационной безопасности ОПК-13.3: Владеет методикой учета современных тенденций развития техники и технологий в своей профессиональной деятельности	ОПК-13.1: Знает основы информационных технологий подготовки конструкторско-технологической документации с соблюдением основных требований к информационной безопасности  ОПК-13.2: Умеет применять методы информационных технологий подготовки конструкторско-технологической документации с соблюдением основных требований к информационной безопасности  ОПК-13.3: Владеет навыками учета современных тенденций развития техники и технологий в своей профессиональной деятельности	Собеседование	Зачёт: Контрольные вопросы
ОПК-5: Способен работать с нормативно-технической документацией, связанной с профессиональной деятельностью;	ОПК-5.1: Демонстрирует знание методов разработки аналитических и численных методов при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем,	ОПК-5.1: Знает методы разработки аналитических и численных методов при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем,	Собеседование	Зачёт: Контрольные вопросы

	технологических процессов ОПК-5.2: Демонстрирует умение разрабатывать аналитические и численные методы при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов ОПК-5.3: Владеет методикой разработки аналитических и численных методов при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов	технологических процессов.  ОПК-5.2: Умеет разрабатывать аналитические и численные методы при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов.  ОПК-5.3: Владеет навыками разработки аналитических и численных методов при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов.		
--	--	---	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная</b>
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>4</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>144</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	<b>0</b>
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	<b>96</b>
- КСР	<b>2</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>46</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>0</b> <b>Зачёт</b>

#### 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			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/ лабора торные	Всего	

			работы), часы		
	О Ф О	О Ф О	О Ф О	О Ф О	О Ф О
Владеет навыками учета современных тенденций развития техники и технологий в своей профессиональной деятельности	13		8	8	5
Построение диаграмм деформирования по результатам испытания на кручение	13		8	8	5
Определение микро- и макротвердости материалов	14		8	8	6
Экспериментальное исследование устойчивости прямолинейных стержней при осевом сжатии	14		8	8	6
Перемещения и деформации при прямом и косом изгибе консольной балки	22		16	16	6
Определение коэффициента тензочувствительности партии датчиков с помощью балки равного сопротивления	22		16	16	6
Плоское напряженное состояние на примере цилиндрической оболочки под внутренним давлением	22		16	16	6
Исследование динамики колебаний механических систем	22		16	16	6
Аттестация	0				
КСР	2			2	
Итого	144	0	96	98	46

### Содержание разделов и тем дисциплины

1. Построение истинных диаграмм деформирования по результатам испытаний образцов на осевое растяжение: на примере растяжения образца доразрушение исследование процессов деформирования, построение вторичных условных и истинных диаграмм деформирования; определение предела прочности, относительно удлинения на разрыв; определение модуля Юнга, коэффициента Пуассона, предела текучести.
2. Построение диаграмм деформирования по результатам испытания на кручение: на примере кручения образца с круглым поперечным сечением до разрушения исследование процессов деформирования, построение вторичных условных и истинных диаграмм деформирования; определение предела прочности при кручении; знакомство с торсиомером, определение сдвигового модуля упругости, предела текучести при кручении.
3. Определение микро- и макротвердости материалов: на примере плоских металлических образцов ознакомление с методами измерения твердости, измерение твердости по Бринеллю, Роквеллу и Виккерсу.
4. Экспериментальное исследование устойчивости прямолинейных стержней при осевом сжатии: экспериментальное исследование эйлеровой критической силы в зависимости от длины, сечения, материала, условий закрепления; критерий начальных несовершенств, метод Саусвела определения критической силы.
5. Перемещения и деформации при прямом и косом изгибе консольной балки. Что такое и что не такое: консольная балка, изгиб, прямой изгиб, косой изгиб, главные оси сечения. Принцип независимости действия нагрузок при косом изгибе. Закон Гука для балки. Закон Гука при нагрузке и разгрузке. Жесткость в зависимости от ориентации сечения.
6. Определение коэффициента тензочувствительности партии датчиков с помощью балки равного сопротивления. Тензометрический метод измерения деформаций. Проволочный тензодатчик. Тензостанция. Причины разброса показаний тензодатчиков. Балка равного сопротивления. Распределение деформаций и напряжений в балке.
7. Плоское напряженное состояние на примере цилиндрической оболочки под внутренним давлением.

Что такое плоское напряженное состояние. Почему напряженное состояние в круговой цилиндрической оболочке под внутренним давлением можно считать плоским. Двухосное и одноосное напряженное состояние. Изменение деформаций и напряжений при повороте осей координат.

8. Исследование динамики колебаний механических систем. Степени свободы системы. Закон движения тела. Уравнения Лагранжа. Собственные и парциальные колебания. Решение и исследование уравнения вынужденных колебаний связанных маятников. Биения. Влияние параметра.

#### **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.

В соответствии с рабочей программой и тематическим планом изучение дисциплины проходит в виде лабораторной (в специализированной аудитории) и самостоятельной работы студентов. В рамках дисциплины предусмотрены следующие виды самостоятельной работы. (порядок их выполнения, форма контроля):

- самостоятельная теоретическая подготовка к занятиям практического типа (в течение всего семестра, опрос на занятиях практического типа),
- подготовка и отчет по выполненным в специализированной аудитории лабораторным работам.

Формами контроля самостоятельной работы студентов, соответственно, являются:

- сдача теоретического допуска к лабораторной работе (может проходить как в письменной форме, так и в форме устного собеседования)
- защита отчета о выполненной лабораторной работе

Зачет выставляется автоматически при условии успешной сдачи всех запланированных на семестр работ.

#### **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 - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ОПК-13:**

1. Способы проведения эксперимента.
2. Средства измерений.
3. Экспериментальные образцы.
4. Последовательность испытаний.
5. Планирование эксперимента.
6. Методы измерений.
7. Оценка погрешности.
8. Метод наименьших квадратов.

### 5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ОПК-5:

1. Эксперимент и его основы.
2. Способы планирования эксперимента.
3. Методы обработки экспериментальных данных

#### Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

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 несущественные 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 несущественных 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	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без

			задания, но не в полном объеме	все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	объеме, но некоторые с недочетами	несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	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	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован 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 ОПК-13

1. Центральное растяжение-сжатие прямолинейного стержня. Метод сечений. Внутреннее нормальное усилие в поперечном сечении. Гипотезы. Деформации в стержне. Напряжения в поперечном сечении. Закон Гука.

2. Отражение принципа Сен-Венана при испытании образцов на растяжение.
3. Определение напряжений, возникающих в произвольно наклоненной площадке при растяжении образца. Первоначальная диаграмма растяжения.
4. Определение модуля упругости  $E$  из первичной диаграммы растяжения.
5. Вторичная условная диаграмма растяжения для пластических материалов.
6. Характерные точки диаграммы: предел пропорциональности, предел упругости, предел текучести, условный предел текучести, предел прочности.
7. Вторичная условная диаграмма растяжения для хрупких материалов.
8. Определение истинных напряжений и деформаций.
9. Коэффициент поперечной деформации.
10. Вторичная истинная диаграмма напряжений
11. Образование шейки. Объемное напряженное состояние в шейке.
12. Интенсивность напряжений и интенсивность деформаций.
13. Диаграмма деформирования.
14. Условия прочности. Коэффициент запаса прочности. Допускаемые напряжения для пластических и хрупких материалов при растяжении и сжатии. Критическая сила.
15. Энергия деформирования.
16. Какое состояние называется чистым сдвигом.
17. Какой должна быть внешняя нагрузка, чтобы образец испытывал чистое кручение.
18. Сформулировать и объяснить гипотезу плоских сечений при кручении круглых цилиндрических образцов.
19. Сформулировать и объяснить принцип Сен-Венана при чистом кручении круглого цилиндрического образца.
20. Что такое упругая и остаточная деформация сдвига при чистом кручении? Как найти ее, имея диаграмму  $M - \varphi$ .
21. Показать математически, что при чистом сдвиге не происходит изменения объема образца.
22. Какой смысл объемного модуля  $K$ .
23. Вывести формулу для модуля  $K$  из обобщенного закона Гука.
24. Вычислить максимальную погрешность замены реального распределения касательных напряжений в тонкостенной трубке толщиной  $\delta$  и наибольшего радиуса  $R$  равномерным распределением напряжений в пределах закона Гука.
25. Твердость материала – механическая характеристика.
26. Методы измерения твердости.
27. Приборы для измерения твердости.
28. Различие твердости по Бринеллю и твердости по Мейеру.
29. Физическая связь между твердостью по Бринеллю и твердостью по Виккерсу.
30. Физический смысл корреляционной связи между пределом прочности и твердостью.
31. Нормальное и касательное напряжение
32. Перемещение, линейная деформация и угол сдвига
33. Тензометрический метод измерения деформаций
34. Прямой изгиб, косой изгиб балки
35. Гипотеза плоских сечений при изгибе
36. Степени свободы механической системы
37. Зачем нужна балка равного сопротивления при измерении тензочувствительности
38. Зачем нужно при изгибе приводить к главным осям поперечного сечения стержня



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?

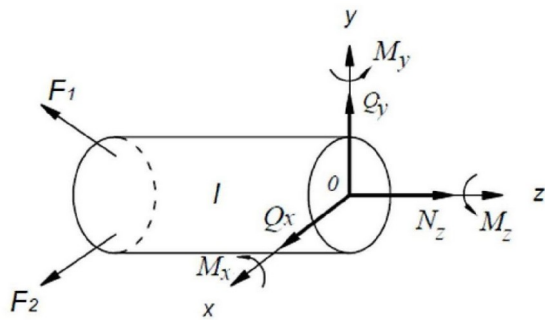
Запишите формулу для определения положения главных площадок для плоского напряженного состояния (ПНС).

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

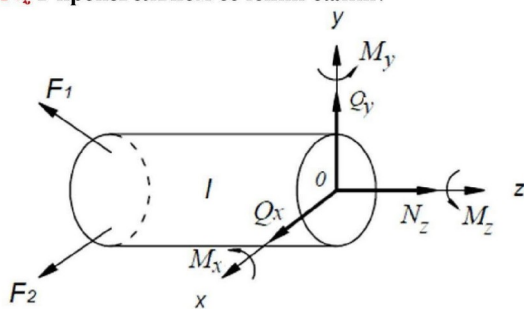
Сформулируйте правила знаков для нормальных и касательных напряжений.

Сформулируйте правило знаков для угла поворота исходной площадки к главной.

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

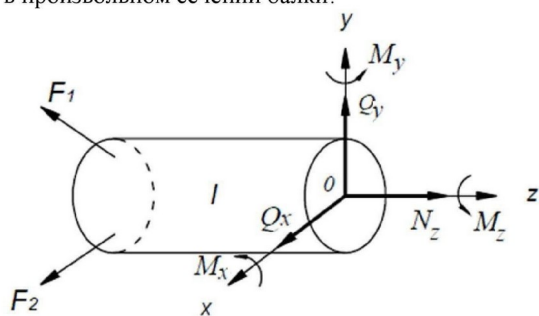


Как определяется **нормальная (продольная) сила  $N_z$**  в произвольном сечении балки?



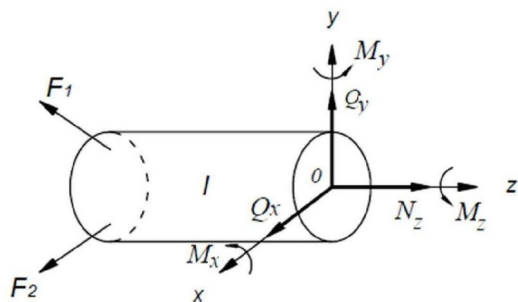
Какими деформациями вызывается нормальная (продольная) сила  $N_z$  в произвольном сечении балки?

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



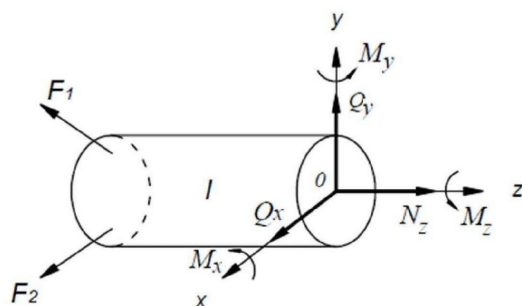
При какой деформации возникает поперечная сила  **$Q_x$  или  $Q_y$**  в произвольном сечении балки?

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?

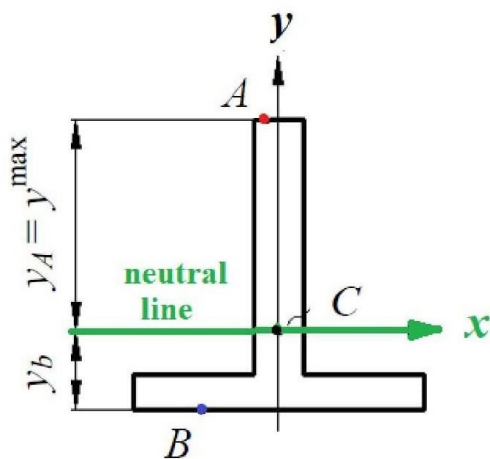
Что такое **чистый изгиб**?

Что такое прямой  
**поперечный изгиб**?

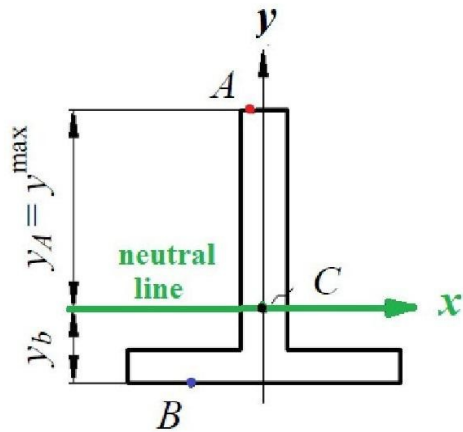
В виде каких напряжений  
распределяется изгибающий  
момент  $M_x$  по сечению?

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

Какие точки сечения  
являются опасными при  
деформации изгиба?



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

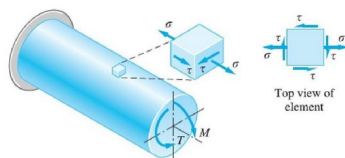
Запишите уравнение  
нейтральной линии.

Как определяются  
максимальные  
касательные  
напряжения для  
сложного  
сопротивления  
сопротивления?

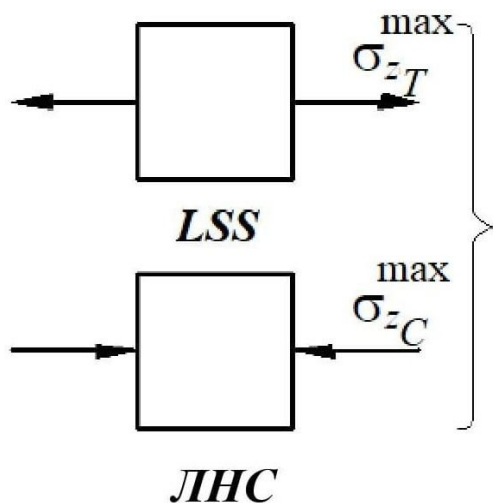
**Назовите этапы  
(шаги) общей  
процедуры  
расчета на  
прочность.**

Что такое опасное  
сечение?

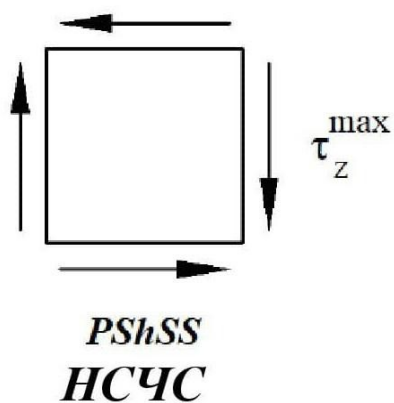
Какая точка  
опасного сечения  
является опасной ?



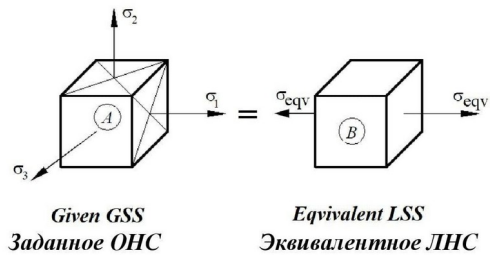
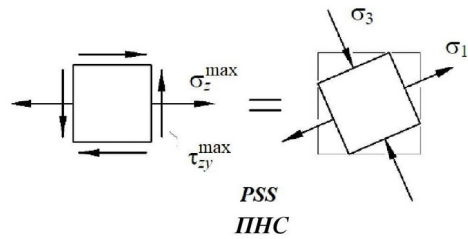
Запишите условие  
прочности для  
линейного  
напряженного  
состояния (*ЛНС*).



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



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

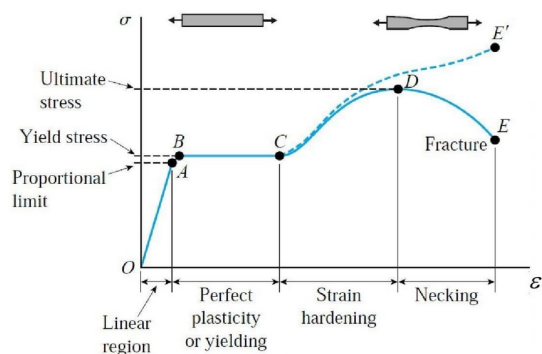


Сформулируйте условие прочности, используя  
теорию пластичности по  
максимальным  
касательным напряжениям

теорию пластичности по  
октаэдрическим  
касательным напряжениям

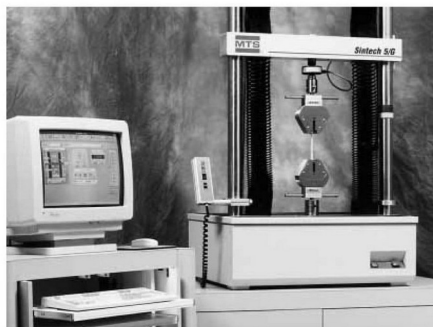
обобщенную теорию  
прочности Отто Мора

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

$\sigma_{\text{ПЦ}}$  ?

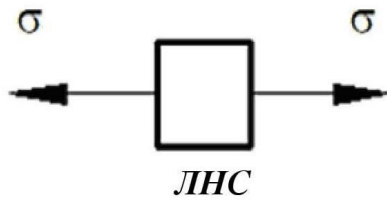
Что такое предел  
текучести

$\sigma_T$  ?

Что такое предел  
прочности  $\sigma_B$  ?



Напишите закон Гука для линейного напряженного состояния (ЛНС).



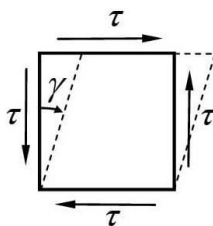
Что характеризует модуль упругости  $E$  или модуль Юнга?

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  $G$  ?

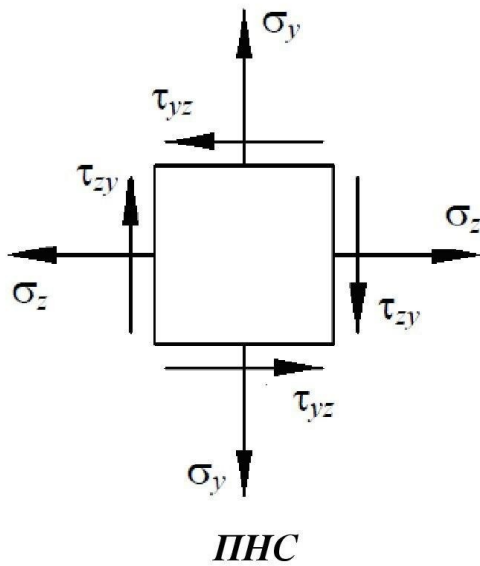
В каких единицах он измеряется?

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?

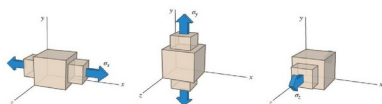
Что такое абсолютные и относительные угловые деформации?

В каких единицах они измеряются?

Какие деформации являются аналогом нормальных напряжений, касательных напряжений?

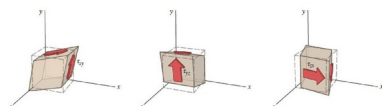
Чем характеризуется деформированное состояние в точке?

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?

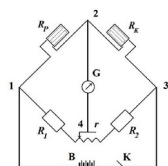
Запишите формулу для определения *относительной линейной деформации  $\varepsilon_\alpha$  в произвольном направлении по аналогии с нормальным напряжением  $\sigma_\alpha$  для плоского напряженного состояния (ПНС)*

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

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

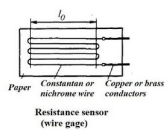
$$\sigma_{\max}^{\min} = \sigma_{1,3} = \frac{\sigma_z + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_z - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{zy}^2}.$$

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

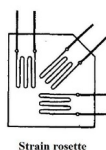


Bridge circuit with readout by galvanometer:

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

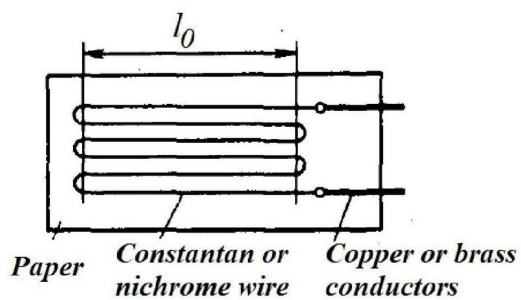


Resistance sensor (wire gage)



Strain rosette

Что такое электрические тензометры или **тензорезисторы?**



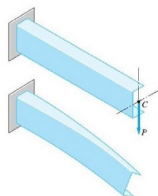
Resistance sensor (wire gage)

В чем суть методов тензометрирования?

Что должен знать инженер о конструктивных элементах под нагрузкой?

Что это за условия?

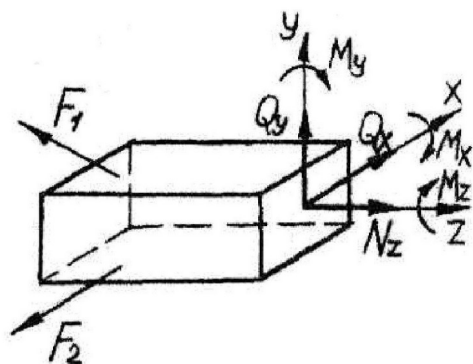
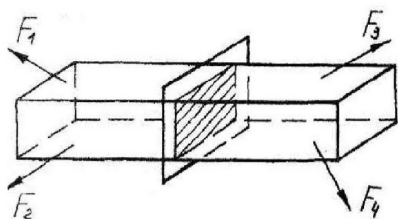
Что это значит:  
конструктивный  
элемент (балка)  
деформируется?



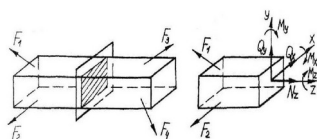
Что такое разрушение  
тела?

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  $N_z$ .**

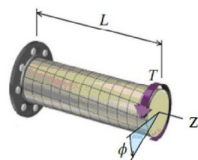
**Какое перемещение получает произвольное поперечное сечение стержня при растяжении-сжатии?**

Что такое деформация кручения?

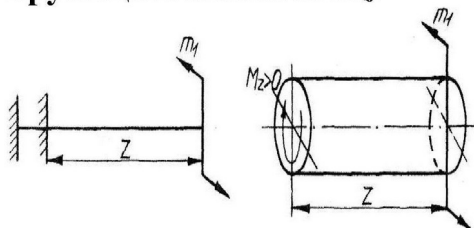
Как внешние нагрузки действуют на балку?

Какой внутренний силовой фактор возникает в этом случае?

Какие конструктивные элементы испытывают кручение?

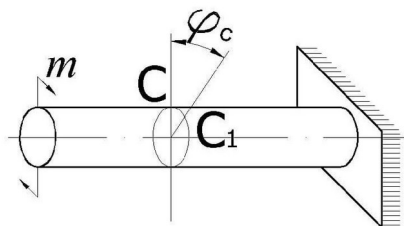


**Сформулируйте правило определения и знаки для крутящего момента  $M_z$ .**





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



**Что такое прямой поперечный изгиб?**

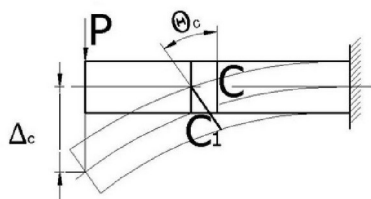
**Как внешние нагрузки действуют на балку?**

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

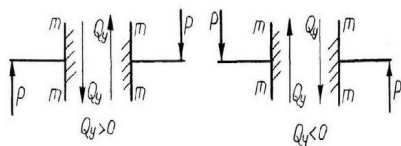
**Какие элементы конструкции подвергаются деформации прямого поперечного изгиба?**



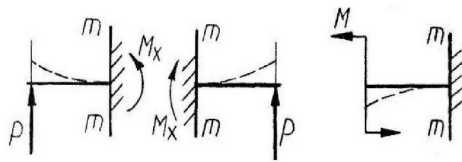
**Какие перемещения получает при изгибе произвольное поперечное сечение балки?**



**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?**

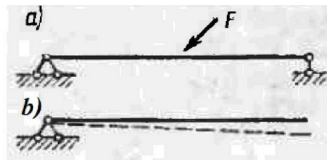
**Что такое грузовая  
система ?**

**Что такое единичная  
система ?**

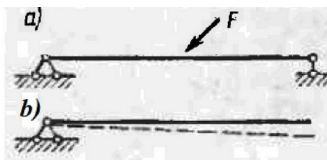
**Какие системы называются статически определенными?**

**Какие системы называются статически неопределенными?**

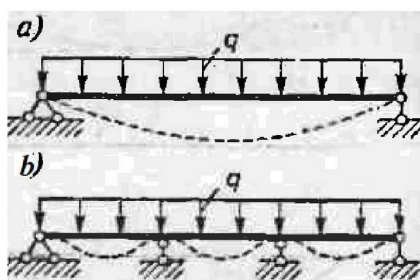
Какая система называется геометрически неизменяемой?



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?**

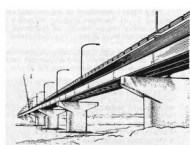
**В каком порядке  
производится расчет  
статически неопределимых  
систем?**

**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?**

---

---

### **5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-5**

1. Используя экспериментальные результаты измерения твердости, определите класс материала, с которым проводился эксперимент.



2. Отыщите в Инете данные о зависимости предела текучести и предела прочности от твердости материала.
3. Оцените предел текучести и предел прочности по данным о твердости, полученным Вами экспериментально.
4. Сравните полученный экспериментальные значения модуля упругости 1 рода  $E$  с известными значениями для вашего материала.
5. Сравните полученный экспериментальные значения модуля упругости 2 рода  $G$  с известными значениями для вашего материала.
6. Сравните (нарисуйте в одних осях) диаграммы деформирования, полученные из опытов на растяжение и кручение образцов.
7. Оцените среднее арифметическое и дисперсию ряда данных
8. При заданной силе, размерах и ориентации площадки вычислить напряжения на ней
9. Даны нормальные и касательные напряжения на двух взаимно перпендикулярных площадках в точке тела. Найти нормальное и касательное напряжение на площадке, наклоненной к этим двум под углами  $45^\circ$  и  $45^\circ$ ,  $30^\circ$  и  $60^\circ$

### Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.

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

Основная литература:

1. Белл Джеймс Фредерик. Экспериментальные основы механики деформируемых твердых тел : [в 2 ч.]. Ч. 1. Малые деформации / пер. с англ. Л. Е. Иофина [и др.] ; под ред. А. П. Филина. - М. : Наука, 1984. - 596 с. : ил. - 6.60., 2 экз.
2. Белл Джеймс Фредерик. Экспериментальные основы механики деформируемых твердых тел : [в 2 ч.]. Ч. 2. Конечные деформации / пер. с англ. А. М. Линькова [и др.] ; под ред. А. П. Филина. - М. : Наука, 1984. - 431 с. : ил. - 4.50., 2 экз.
3. Лабораторный практикум по механике материалов и конструкций : учеб. пособие для студентов, обучающихся по специальности "Механика" / под ред. А. К. Любимова ; Нижегород. гос. ун-т им. Н. И. Лобачевского. - Н. Новгород : Изд-во Нижегород. гос. ун-та, 2003. - 360 с. - ISBN 5-85746-495-1 : 41.00., 51 экз.
4. Феодосьев Всеволод Иванович. Сопротивление материалов : [учеб. для вузов]. - 9-е изд., перераб. - М. : Наука, 1986. - 512 с. : ил. - 1.10., 33 экз.
5. Работнов Юрий Николаевич. Сопротивление материалов : [учеб. пособие для ун-тов]. - М. : Физматгиз, 1962. - 455 с. : с черт. - 0.88., 20 экз.

Дополнительная литература:

1. Работнов Юрий Николаевич. Механика деформируемого твердого тела : [учеб. пособие для

мех.-мат. и физ. специальностей ун-тов]. - 2-е изд., испр. - М. : Наука, 1988. - 711, [1] с. : ил. - 1.80., 12 экз.

2. Шенк Хилберт мл. Теория инженерного эксперимента / пер. с англ. Е. Г. Коваленко ; под ред. Н. П. Бусленко. - М. : Мир, 1972. - 381 с. : черт. - 1.51., 2 экз.

3. Адлер Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - М. : Наука, 1976. - 378 с. - 1.23., 2 экз.

4. Новицкий Петр Васильевич. Оценка погрешностей результатов измерений : справочник. - 2-е изд., перераб. и доп. - Л. : Энергоатомиздат, Ленингр. отд-ние, 1991. - 301 с. : ил. - 3.00., 1 экз.

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

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

<https://yadi.sk/d/L8XTdl36FsBKz>

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

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

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.