

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан дорожно-транспортного факультета

 / В.Л. Тюнин /
18.02 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Соппротивление материалов»

Специальность 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

Специализация Подъемно-транспортные, строительные, дорожные средства и оборудование

Квалификация выпускника инженер

Нормативный период обучения 5 лет и 11 м.

Форма обучения заочная

Год начала подготовки 2025

Автор программы  Р.А. Мухтаров

Заведующий кафедрой
Строительной механики  В.А. Козлов

Руководитель ОПОП  Р.А. Жилин

Воронеж 2025

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Дисциплина «Сопротивление материалов» имеет своей **целью** подготовить будущего специалиста к решению простейших задач сопротивления материалов и расчета деталей машин.

1.2. Задачи освоения дисциплины

Задачи дисциплины - дать студенту фундаментальные знания о напряженно-деформированном состоянии стержней и стержневых систем под действием различных нагрузок, необходимые представления о работе конструкций, расчетных схемах, задачах расчета стержневых систем и деталей машин на прочность, жесткость, устойчивость и выносливость.

Приобретенные знания способствуют формированию инженерного мышления.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Сопротивление материалов» относится к дисциплинам обязательной части блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Сопротивление материалов» направлен на формирование следующих компетенций:

УК-1 - Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий

ОПК-1 - Способен ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в сфере своей профессиональной деятельности и новых междисциплинарных направлений с использованием естественнонаучных, математических и технологических моделей

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
УК-1	знать фундаментальные основы - основные принципы, положения и гипотезы сопротивления материалов, методы расчета стержней, элементов конструкций при различных воздействиях - силовых, деформационных и температурных, прочностные характеристики и другие свойства конструкционных материалов;
	уметь выявлять и классифицировать основы естественных и технических наук для решения задач профессиональной деятельности, грамотно составлять расчетные схемы, определять теоретически и экспериментально внутренние усилия, напряжения, деформации и перемещения, подбирать необходимые размеры сечений стержней из условий прочности, жесткости и устойчивости;
	владеть навыками решения научно технических задач на

	основе фундаментальных принципов и методов, оценки воздействия техногенных факторов на состояние окружающей среды современной научной аппаратурой, навыками ведения физического эксперимента; определения напряженно-деформированного состояния стержней, элементов конструкции при различных воздействиях с помощью теоретических методов с использованием современной вычислительной техники, готовых программ; ведения физического эксперимента; определения с помощью экспериментальных методов механических характеристик материалов; выбора конструкционных материалов и форм, обеспечивающих требуемые показатели надежности, безопасности, экономичности, выносливости и эффективности сооружений;
ОПК-1	знать основные принципы, положения и гипотезы сопротивление материалов, методы расчета элементов конструкций при различных силовых, деформационных и температурных воздействиях, прочностные характеристики и другие свойства конструкционных материалов;
	уметь выявлять и классифицировать основы естественных и технических наук для решения задач профессиональной деятельности, грамотно составлять расчетные схемы, определять теоретически и экспериментально внутренние усилия, напряжения, деформации и перемещения, подбирать необходимые размеры сечений стержней из условий прочности, жесткости и устойчивости;
	владеть навыками определения напряженно-деформированного состояния стержней при различных воздействиях с помощью теоретических методов; оценки воздействия техногенных факторов на состояние окружающей среды современной научной аппаратурой; ведения физического эксперимента; определения с помощью экспериментальных методов механических характеристик материалов; выбора конструкционных материалов и форм, обеспечивающих требуемые показатели надежности, безопасности, экономичности и эффективности сооружений;

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Сопротивление материалов» составляет 5 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

заочная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		3
Аудиторные занятия (всего)	8	8
В том числе:		
Лекции	4	4
Практические занятия (ПЗ)	2	2
Лабораторные работы (ЛР)	2	2
Самостоятельная работа	163	163
Часы на контроль	9	9
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость:		
академические часы	180	180
зач.ед.	5	5

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Введение в курс.	Задачи сопротивления материалов и ее место среди других дисциплин. Расчетная схема. Силы внешние и внутренние. Классификация нагрузок. Метод сечений. Основные принципы сопротивления материалов.	-	-	-	6	6
2	Геометрические характеристики поперечных сечений стержней.	Статические моменты и моменты инерции сечений. Определение координат центра тяжести сечения. Преобразование моментов инерции при параллельном переносе и повороте осей координат. Главные оси и главные моменты инерции.	-	1	-	10	11
3	Центральное растяжение и сжатие стержней.	Продольные силы, напряжения и перемещения. Закон Гука. Условия прочности и жесткости при растяжении-сжатии. Потенциальная энергия деформации. Механические свойства материалов. Характеристики прочности и пластичности. Допускаемое напряжение. Понятие о статически определимых и неопределимых системах. Расчеты на прочность и жесткость статически определимых стержневых систем. Расчет статически неопределимых стержневых систем на действие нагрузки, изменение температуры и неточности изготовления.	0,5	-	0,5	20	21
4	Напряженное и деформированное состояние в точке тела	Теория деформированного состояния. Плоское и пространственное напряженное состояние. Главные площадки и главные напряжения, главные деформации. Потенциальная энергия. Основы теорий прочности.	-	-	-	26	26
5	Плоский изгиб	Плоский поперечный изгиб балок. Внутренние усилия при изгибе. Дифференциальные зависимости внутренних усилий. Правила	2	1	0,5	30	33,5

		проверки эпюр внутренних усилий при изгибе. Нормальные и касательные напряжения при изгибе. Расчет на прочность по нормальным и касательным напряжениям. Деформация балок при изгибе. Дифференциальное уравнение изогнутой оси балки.					
6	Внецентренное растяжение-сжатие.	Определение внутренних усилий, напряжений при внецентренном растяжении-сжатии. Определение положения нейтральной оси при внецентренном растяжении-сжатии. Ядро сечения.	-	2	-	16	18
7	Чистый сдвиг	Сдвиг элементов конструкций. Определение внутренних усилий, напряжений и деформаций при сдвиге. Понятие о чистом сдвиге. Закон Гука для сдвига. Удельная потенциальная энергия деформации при чистом сдвиге. Расчеты на прочность.	-	-	-	3	3
8	Кручение	Кручение стержней с круглым поперечным сечением. Внутренние усилия при кручении, напряжения и деформации. Напряженное состояние и разрушение при кручении. Расчет на прочность и жесткость вала круглого поперечного сечения. Расчет стержней полоого, прямоугольного и тонкостенного сечений открытого и закрытого профилей.	0,5	-	0,5	16	17
9	Сложное сопротивление	Косой изгиб. Определение внутренних усилий, напряжений, положения нейтральной оси при чистом косом изгибе. Деформации при косом изгибе. Совместное действие кручения и изгиба. Определение внутренних усилий и напряжений при кручении с изгибом. Главные напряжения, напряженное состояние и расчет на прочность при кручении с изгибом.	-	-	-	16	16
10	Устойчивость сжатых стержней	Понятие об устойчивости систем. Критерии устойчивости. Критическая сила. Задача Эйлера. Влияние условий закрепления концов стержня. Критические напряжения. Расчет на устойчивость. Пределы применимости формулы Эйлера. Расчет на устойчивость стержня при упруго - пластических деформациях. Расчет сжатых стоек по коэффициенту продольного изгиба.	1	-	0,5	10	11,5
11	Прочность при динамических и периодических нагрузках	Динамическое действие сил. Силы инерции. Расчет элементов конструкций, движущихся с ускорением. Расчет кругового кольца, вращающегося вокруг своей оси. Инженерная теория удара. Динамический коэффициент при ударе. Учет массы ударяемого тела. Пути снижения напряжений при ударе. Расчеты на прочность и жесткость при ударе. Усталость материалов. Предел выносливости. Диаграмма предельных амплитуд. Факторы, влияющие на усталостную прочность. Расчеты на прочность при повторно-переменных напряжениях. Концентрация напряжений. Растяжение полосы с круговым и эллиптическим вырезом.	-	-	-	10	10
Итого			4	2	2	163	171

5.2 Перечень лабораторных работ

Определение модуля упругости и коэффициента Пуассона стали при

растяжении.

Демонстрация принципа Сен-Венана

Испытание малоуглеродистой стали на растяжение

Испытания малоуглеродистой стали на сжатие.

Испытания чугуна на растяжение.

Испытание чугуна на сжатие.

Измерение твердости металлов по Бринеллю и по Роквеллу.

Испытания стали на срез.

Испытание на кручение стального образца круглого поперечного сечения.

Определение напряжений при плоском изгибе стальной балки двутаврового сечения.

Определение прогибов и углов поворота при плоском изгибе балки

Определение напряжений при внецентренном растяжении

Определение ударной вязкости металлов

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
УК-1	знать фундаментальные основы - основные принципы, положения и гипотезы сопротивление материалов, методы расчета стержней, элементов конструкций при различных воздействиях - силовых, деформационных и температурных, прочностные характеристики и другие свойства конструкционных материалов;	Посещение и работа на лекционных занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь выявлять и классифицировать основы естественных и технических наук для решения задач профессиональной деятельности, грамотно составлять расчетные схемы, определять теоретически и экспериментально	Посещение и работа на лабораторных, практических занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	внутренние усилия, напряжения, деформации и перемещения, подбирать необходимые размеры сечений стержней из условий прочности, жесткости и устойчивости;			
	владеть навыками решения научно-технических задач на основе фундаментальных принципов и методов, оценки воздействия техногенных факторов на состояние окружающей среды современной научной аппаратурой, навыками ведения физического эксперимента; определения напряженно-деформированного состояния стержней, элементов конструкции при различных воздействиях с помощью теоретических методов с использованием современной вычислительной техники, готовых программ; ведения физического эксперимента; определения с помощью экспериментальных методов механических характеристик материалов; выбора конструкционных материалов и форм, обеспечивающих требуемые показатели надежности, безопасности, экономичности, выносливости и эффективности сооружений;	Решение прикладных задач в виде выполнения расчетно-графических заданий (РГР)	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ОПК-1	знать основные принципы, положения и гипотезы сопротивления материалов, методы расчета элементов конструкций при различных силовых, деформационных и температурных воздействиях, прочностные характеристики и другие свойства конструкционных материалов;	Посещение и работа на лекционных занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь выявлять и классифицировать основы естественных и технических наук для решения задач профессиональной деятельности, грамотно составлять расчетные схемы, определять теоретически и экспериментально внутренние усилия, напряжения, деформации и перемещения, подбирать необходимые размеры сечений стержней из условий прочности, жесткости и устойчивости;	Посещение и работа на лабораторных, практических занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками определения напряженно-деформированного состояния стержней при различных воздействиях с помощью теоретических методов; оценки воздействия техногенных факторов на состояние окружающей среды современной научной аппаратурой; ведения физического эксперимента; определения с помощью экспериментальных методов механических характеристик материалов; выбора конструкционных материалов и форм, обеспечивающих требуемые показатели надежности, безопасности, экономичности и эффективности сооружений;	Решение прикладных задач в виде выполнения расчетно-графических заданий (РГР)	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 3 семестре для очной формы обучения, 3 семестре для заочной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
УК-1	знать фундаментальные основы - основные принципы, положения и гипотезы сопротивление материалов, методы расчета стержней, элементов конструкций при различных воздействиях - силовых, деформационных и температурных, прочностные характеристики и другие свойства конструкционных материалов;	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80- 90%	Выполнение теста на 70- 80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь выявлять и классифицировать основы естественных и технических наук для решения задач профессиональной деятельности, грамотно составлять расчетные схемы, определять теоретически и экспериментально внутренние усилия, напряжения, деформации и перемещения, подбирать необходимые размеры сечений стержней из условий прочности, жесткости и устойчивости;	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть навыками решения научно технических задач на основе фундаментальных принципов и методов, оценки воздействия техногенных факторов на состояние окружающей среды современной научной аппаратурой, навыками ведения физического эксперимента; определения напряженно-деформированного состояния стержней, элементов конструкции при различных воздействиях с помощью теоретических методов с использованием современной вычислительной техники, готовых программ; ведения физического эксперимента; определения с помощью экспериментальных методов механических характеристик материалов; выбора конструкционных материалов и форм, обеспечивающих	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

	требуемые показатели надежности, безопасности, экономичности, выносливости и эффективности сооружений;					
ОПК-1	знать основные принципы, положения и гипотезы сопротивление материалов, методы расчета элементов конструкций при различных силовых, деформационных и температурных воздействиях, прочностные характеристики и другие свойства конструкционных материалов;	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80- 90%	Выполнение теста на 70- 80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь выявлять и классифицировать основы естественных и технических наук для решения задач профессиональной деятельности , грамотно составлять расчетные схемы, определять теоретически и экспериментально внутренние усилия, напряжения, деформации и перемещения, подбирать необходимые размеры сечений стержней из условий прочности, жесткости и устойчивости;	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть навыками определения напряженно-деформированного состояния стержней при различных воздействиях с помощью теоретических методов; оценки воздействия техногенных факторов на состояние окружающей среды современной научной аппаратурой ; ведения физического эксперимента; определения с помощью экспериментальных методов механических характеристик материалов; выбора конструкционных материалов и форм, обеспечивающих требуемые показатели надежности, безопасности, экономичности и эффективности сооружений;	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

Тестирование на знание теоретического материала проводится во время зачета и экзамена.

Указания: Все задания имеют 5 вариантов ответа, из которых

правильный только один.

1. Среда называется, если ее свойства не зависят от координат точек.

сплошной 2) однородной 3) изотропной 4) упругой 5) ортотропной

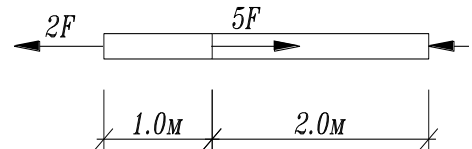
2. Что такое статический момент плоского сечения относительно заданной оси.

1) Произведение площади на квадрат расстояния до оси.

2) Произведение площади на расстояние до оси.

3) $\int yz dA$; 4) $\int \rho dA$; 5) $\int \rho^2 dA$;

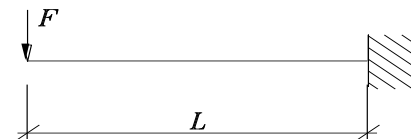
3. Определить наибольшее по абсолютной величине продольное усилие.



1) $5F$ 2) $3F$ 3) $2F$ 4) $7F$ 5) $8F$

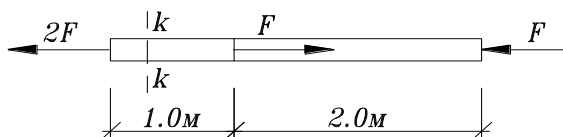
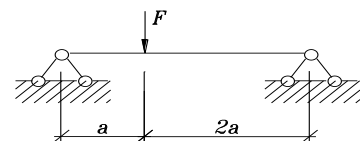
4. Определить вертикальную составляющую опорной реакции в заделке А.

1) 0 2) F 3) $2F$ 4) $3F$
5) $0.5F$



5. Определить реакцию опоры А.

1) $\frac{2}{3}F$ 2) $\frac{1}{2}F$ 3) $\frac{3}{2}F$ 4) 0
5) F



6. Определить напряжения в сечении k-го стержня, если

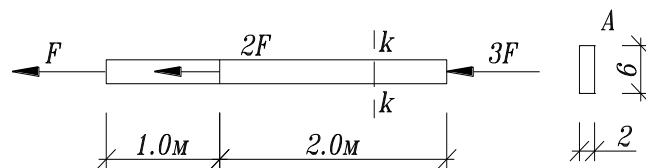
$$A = 4 \text{ см}^2, F = 10 \text{ кН}$$

1) 25 МПа , 2) 50 МПа , 3) 45 МПа 4) 30
5) 60 МПа

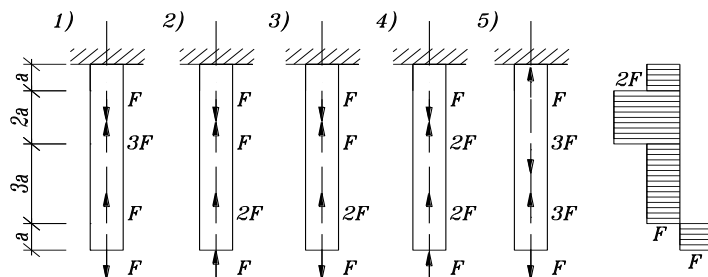
7. Чему равны напряжения в т. А поперечного сечения k-k, если $F = 12 \text{ кН}$

1) 30 МПа 2) 40 МПа 3) 50 МПа

4) 60 МПа 5) 70 МПа



8. Для какого из представленных стержней верна эпюра внутренних усилий



9. Укажите правильное значение момента инерции относительно оси x:

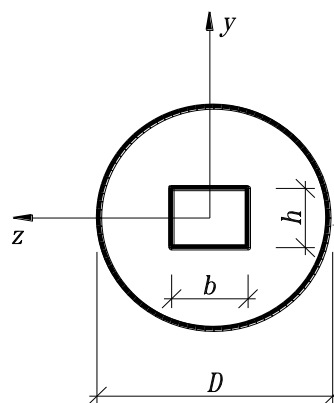
1) $J_z = \pi D^3 / 32 - bh^2 / 6;$

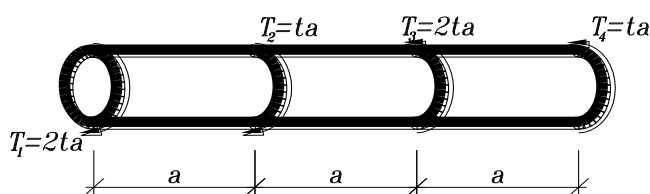
2) $J_z = \pi D^4 / 64 - b^3 h / 12;$

3) $J_z = \pi D^4 / 64 - bh^3 / 12;$

4) $J_z = \pi D^4 / 12 - bh^3 / 64;$

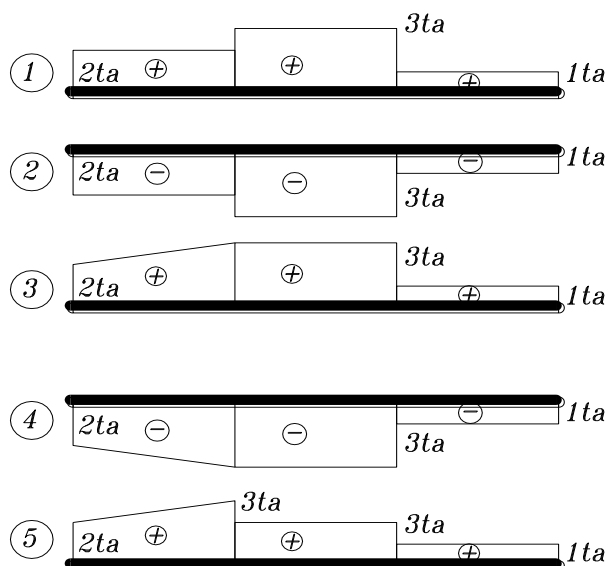
5) $J_z = \pi D^4 / 12 - bh^3 / 64;$





10. Для схемы, показанной на рисунке, указать правильную эпюру крутящих моментов

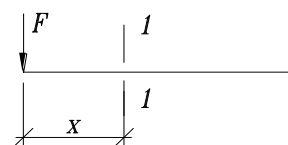
Ответ: 1) 2) 3) 4) 5)



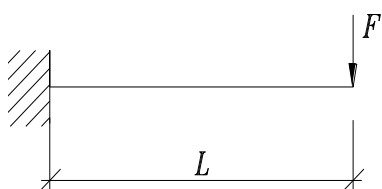
11. Какие внутренние усилия возникают при поперечном изгибе

- 1) Продольная сила – N, M .
- 2) Изгибающий момент – M_z, M_x .
- 3) Крутящий момент – M_x, Q .
- 4) Поперечная сила – Q_y, N .
- 5) Изгибающий момент и поперечная сила – M_z, Q_y .

12. Найти изгибающий момент в сечении 1-1:



Ответы 1) $-\frac{Fx^2}{2}$; 2) $-Fx$; 3) $-\frac{Fx}{2}$; 4) $2Fx$; 5) $-Fx^2$;

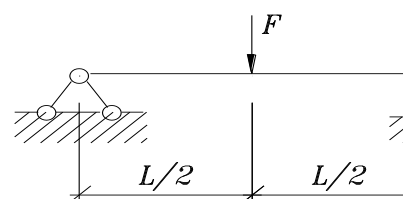


13. Найти максимальный по абсолютной велич изгибающий момент:

- 1) $\frac{Fl^2}{2}$; 2) $\frac{Fl}{2}$; 3) Fl ; 4) $4Fl$; 5) Fl^2 ;

14. Найти максимальную по абсолютной величине поперечную силу

- 1) F ; 2) $\frac{F}{2}$; 3) $\frac{F}{3}$; 4) $\frac{F}{4}$; 5) $2F$;



15. Указать правильный вариант записи уравнения нейтральной линии в

сечении при поперечном изгибе относительно оси z (x - продольная ось)

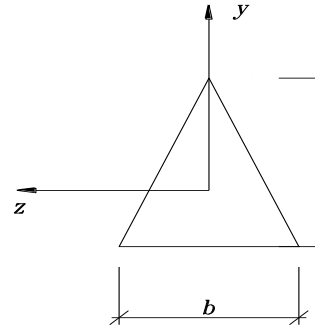
- 1) $M_z = 0$; 2) $\tau_{xy} = 0$; 3) $\sigma_x = 0$; 4) $Q_y = 0$; 5) $J_x = 0$;

16. По какой формуле определяется максимальное напряжение в балке треугольного поперечного сечения при действии изгибающего момента M_z ?

1) $\sigma_{\max} = \frac{M_z}{J_z} \frac{2b}{3}$; 2) $\sigma_{\max} = \frac{M_z}{W_z} \frac{1}{3} h$; 3)

$\sigma_{\max} = \frac{M_z}{J_y} \frac{2h}{3}$;

4) $\sigma_{\max} = \frac{M_z}{J_z} \frac{1}{3} h$; 5) $\sigma_{\max} = \frac{M_z}{J_z} \frac{2}{3} h$;

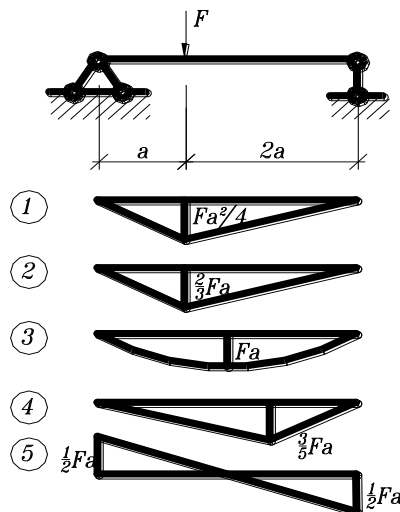


17. Каким точным дифференциальным уравнением описывается изгибная ось балки?

1) $V'''(x) = \pm \frac{M(x)}{EI}$; 2) $\frac{V''(x)}{((1+(V')^2)^{\frac{3}{2}})} = \pm \frac{M(x)}{EI}$; 3) $\frac{V''(x)}{1+(V')^2} = \pm \frac{M(x)}{EI}$;

4) $V'''(x) = \pm M(x) \cdot EI$; 5) $V'''(x) = \pm M(x)$;

18. Укажите правильную эпюру изгибающих моментов



19. Укажите условие прочности при растяжении – сжатии

1) $\sigma = R$; 2) $\sigma_{\max} = \frac{N}{A} \leq R$; 3) $\sigma_{\max} = \frac{N}{A} \approx R$; 4) $\sigma_{\max} = \frac{N}{A} \geq R$; 5) $\sigma = \frac{N}{A} \leq R$;

20. В поперечном сечении стержня $b \times h$ ($0 \leq x \leq b, -h/2 \leq y \leq h/2$) действуют M_x, Q_y и N . Указать формулу для определения максимального

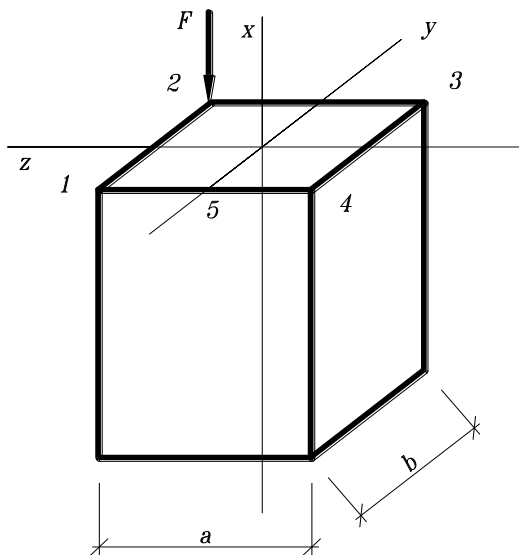
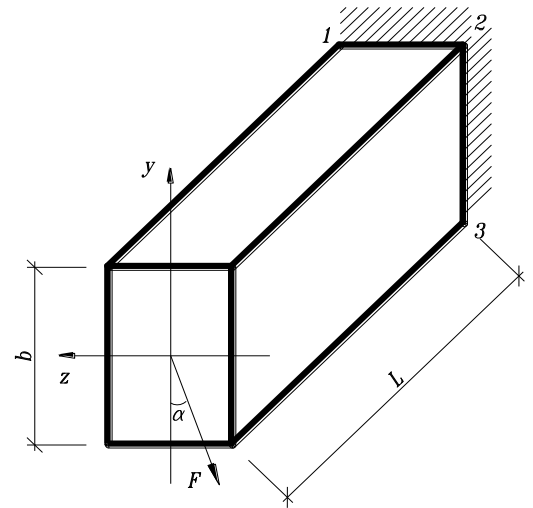
нормального напряжения.

$$1) \sigma = \frac{M_z}{J_z} \frac{N}{b \cdot h}; \quad 2) \sigma = \frac{M_z}{W_z} + \frac{N}{b \cdot h}; \quad 3) \sigma = \frac{M_z}{W_z} \cdot \frac{h}{2} + \frac{N}{b \cdot h}; \quad 4) \sigma = \frac{Q_y \cdot S_z^*}{J_z \cdot b} + \frac{N}{b \cdot h};$$

$$5) \sigma = \frac{M_z}{J_z \cdot b} + \frac{N}{b \cdot h};$$

21. Какой вид напряженного состояния изображен на рисунке:

- 1) Растяжение
- 2) Кручение
- 3) Плоский изгиб
- 4) Косой изгиб
- 5) Внецентренное сжатие.



22. Определить напряжение в т. 2,

$$1) \sigma = -3.33 \frac{F}{a^2}; \quad 2) \sigma = -4.33 \frac{F}{a^2};$$

$$3) \sigma = -2.33 \frac{F}{a^2};$$

$$4) \sigma = -2.00 \frac{F}{a^2}; \quad 5) \sigma = -5.67 \frac{F}{a^2};$$

23. По какой теории записано условие прочности $\varepsilon_{\max} \leq \varepsilon_{n.n.c.}$

- 1) Первой
- 2) Второй
- 3) Третьей
- 4) Четвертой

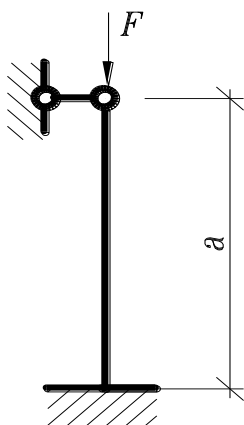
24. Укажите формулу, по которой определяются главные напряжения

$$1) \sigma_{\max} = \sigma_x \cos^2 \alpha + \sigma_y \sin^2 \alpha + \tau_{xy} \sin 2\alpha;$$

$$2) \sigma_{\max} = \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \right)^2 + \tau_{xy}^2};$$

$$3) \sigma_{\max} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \right)^2 + \tau_{xy}^2};$$

$$4) \sigma_{\max} = \pm \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2};$$



25. Какой коэффициент приведения длины следует принять в формуле Эйлера для данной схемы закрепления стержня:

- 1) $\mu = 1.7$; 2) $\mu = 0.7$; 3) $\mu = 1.0$; 4) $\mu = 0.5$; 5) $\mu = 2$;

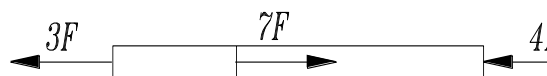
26. Среда называется, если каждый ее элементарный объем не имеет пустот и разрывов.

- 1) сплошной 2) однородной 3) изотропной 4) упругой 5) ортотропной.

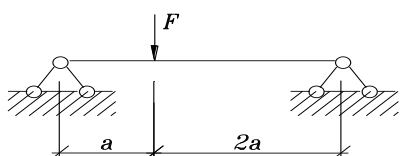
27. Для каких расчетов используется статический момент плоского сечения.

- 1) при расчетах на прочность; 2) при расчетах на жесткость;
3) для определения положения центра тяжести сечения;
4) при расчетах на устойчивость; 5) при расчетах на кручение.

28. Определить наибольшее по абсолютной величине продольное усилие.

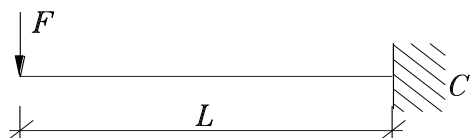


- 1) $5F$; 2) $3F$; 4) $7F$; 5) $8F$;



29. Определить реакцию в опоре С.

- 1) $\frac{2}{3}F$ 2) $\frac{1}{2}F$ 3) $\frac{3}{2}F$ 4) 0
5) F



30. Определить вертикальную реакции в заделке С.

- 1) $0.5 F$ 2) F 3) $2 F$ 4) $3 F$
5) 0

31. Какое из выражений является условием прочности при растяжении:

- 1) $\sigma_{\max \rho} = \frac{N_{\max \rho}}{A} \leq R_p$; 2) $\sigma_{\max} = \frac{M_{z \max}}{W_z} \leq R$; 3) $\tau_{\max p} = \frac{Q_{\max}}{A} \leq |\tau|_p$; 4)

$$\tau_{\max} = \frac{M_x}{W_\rho} \leq |\tau|;$$

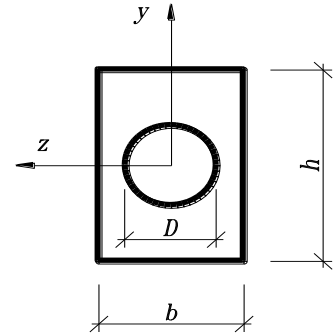
$$5) \tau_{\max} = \frac{Q_y S_z^{\text{onc}}}{J_z b} \leq |\tau|;$$

32. Какое внутреннее усилие возникает при растяжении (сжатии):

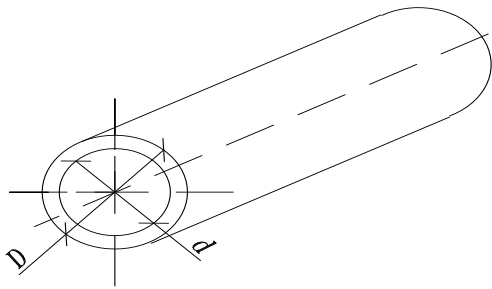
- 1) Изгибающий момент. 2) Крутящий момент. 3) Поперечная сила.
4) Продольная сила. 5) Сдвигающая сила.

33. Укажите правильное значение момента сопротивления относительно оси (материал хрупкий)

- 1) $W_x = \pi D^3 / 32 - bh^2 / 6$;
2) $W_x = bh^3 / 12 - \pi D^3 / 64$;
3) $W_x = bh^3 / 6 - \pi D^3 / 32$;
4) $W_x = bh^3 / 12 - \pi D^3 / 6$;
5) $W_x = (b^3 h / 12 - \pi D^4 / 64) / 0.5b$;



34. Укажите формулу полярного момента инерции полого цилиндра



1) $J_p = \frac{\pi d^4}{32}$; 2)

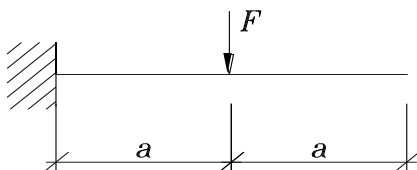
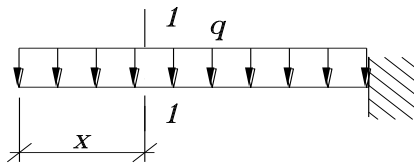
$$J_p = \frac{\pi}{32} (D^4 - d^4);$$

3) $J_p = \frac{T}{32} \left(\frac{D^3 - d^3}{2} \right);$

4) $J_p = \frac{\pi}{64} (D^4 + d^4);$ 5) $J_p = \frac{\pi}{32} (D$

35. По какой формуле определяются максимальные нормальные напряжения при поперечном изгибе: 1) $\sigma = \frac{N}{A}$; 2) $\sigma = \frac{M}{A}$; 3) $\sigma = \frac{Q}{W}$;

4) $\sigma = \frac{M}{I}$; 5) $\sigma = \frac{M}{W}$;

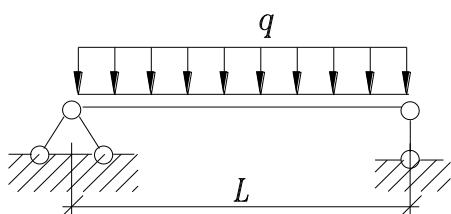


36. Найти изгибающий момент в сечении

Ответы: 1) $-qx$; 2) $2qx^2$ 3) $\frac{qx^4}{24}$; 4) $-\frac{qx^2}{2}$; 5)

37. Найти максимальный по абсолютной величине изгибающий момент:

- 1) $2Fa$ 2) Fa^2 3) $3Fa$ 4) Fa
 $\frac{Fa}{2}$



38. Найти максимальную по абсолютной величине поперечную силу

- 1) $-ql$; 2) $2ql$; 3) $\frac{ql}{4}$; 4) $\frac{ql}{2}$; 5) ql^2 ;

39. Как изменится величина максимального нормального напряжения при изгибе, если действующую нагрузку увеличить в 3 раза, а момент сопротивления сечения увеличить в 2 раза?

- 1) не изменится 2) уменьшится в 1.5 раза 3) уменьшится в 3 раза 4) увеличится в 2 раза 5) увеличится в 1.5 раза

40. По какому из указанных законов распределены нормальные напряжения в поперечном сечении балки при действии момента M_z (a, b - константы, неравные нулю)

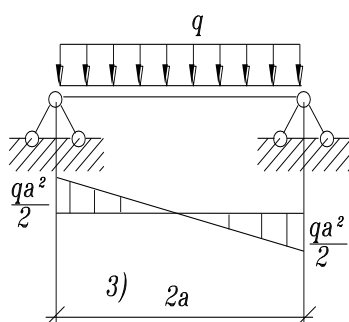
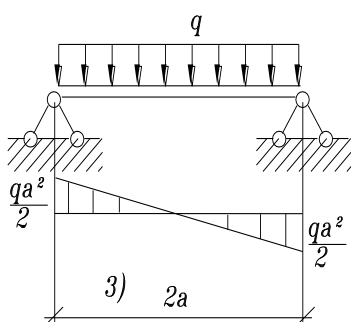
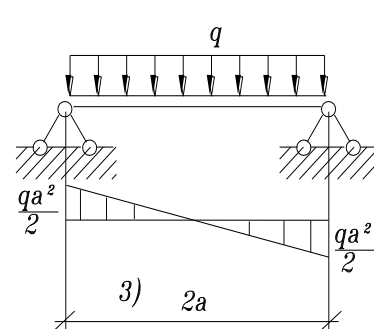
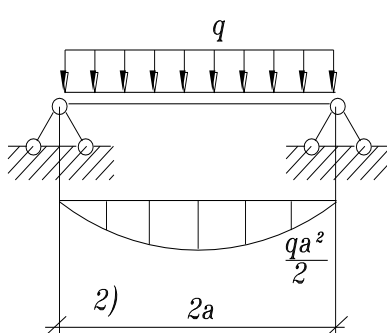
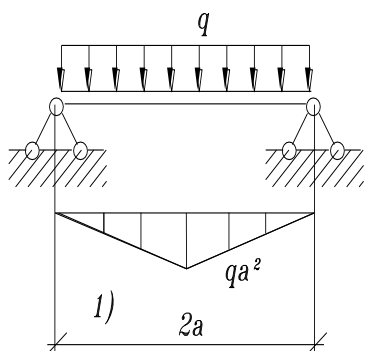
- 1) $\sigma = a \sin y$; 2) $\sigma = a + by$; 3) $\sigma = by$; 4) $\sigma = bz$; 5) $\sigma = bz^2$;

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Ниже граничные условия для разных типов опирания концов балки. Указать неверное условие, т. е не подходящее ни для одного из типов опирания:

- 1) $Y(0) = 0; \varphi \neq 0$; 2) $Y''(0) = 0; \varphi \neq 0$; 3) $Y(l) = 0; \varphi(l) = 0$; 4) $Y''(l) = 0; \varphi(l) \neq 0$;
5) $Y(l) = 0; \varphi(l) \neq 0$;

2. Укажите правильную эпюру изгибающих моментов



3. укажите правильное условие прочности при кручении: 1) $\tau = R$;

2) $\max \tau = \frac{M_x}{W_p} \leq R$; 3) $\max \tau = \frac{\max M_x}{W_p} \leq R_{cp}$; 4) $\tau_{\max} = \frac{M_x}{W_p} \leq R_{cp}$; 5) $\max \tau = \frac{M_x}{W_x} \leq R_{cp}$;

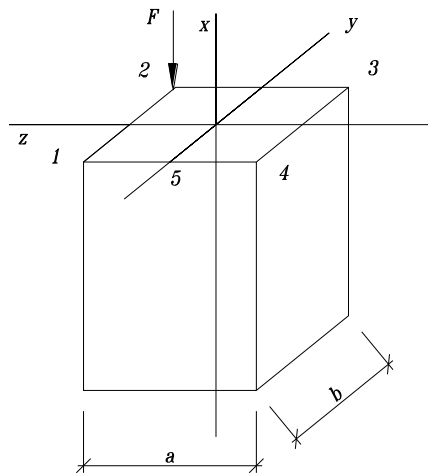
4. В поперечном сечении стержня $b \times h$ ($0 \leq x \leq b, -h/2 \leq y \leq h/2$) действуют M_x, Q_y и N . Указать формулу нейтральной линии сечения: 1) $y = 0$;

2) $y = -\frac{N}{b \cdot h} \frac{W_z}{M_z} + \frac{Q_y}{b \cdot h} x$; 3) $y = \frac{W_z}{M_z} \cdot \frac{N}{b \cdot h}$; 4) $y = -\frac{J_z}{M_z} + \frac{N}{b \cdot h}$; 5) $y = -\frac{J_z}{M_z} + \frac{N}{b \cdot h} z$;

5. В балке возникает максимальный момент $\max M_x = 18 \text{ кН} \cdot \text{м}$, расчетное сопротивление $R_u = 150 \text{ МПа}$. Исходя из условия прочности, определить осевой момент сопротивления W_x .

1) 100 см^3 ; 2) 150 см^3 ; 3) 160 см^3 ; 4) 120 см^3 ; 5) 115 см^3 .

6. Назовите напряженное состояние бруса:



1) центральное сжатие; 2) косой изгиб; 3) внецентренное сжатие; 4) кручение

7. Какой теории прочности соответствует эквивалентное напряжение

$$\sigma_{\sigma} = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} :$$

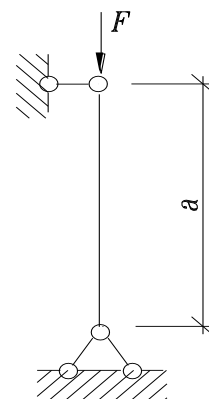
1) первой; 2) второй; 3) третьей; 4) четвертой;

8. По какой формуле определяется момент сопротивления изгибу

1) $W_z = \frac{J_z}{J_{\max}}$; 2) $W_z = \frac{S_z}{J_{\max}}$; 3) $W_x = \frac{J_x}{J_{\max}}$; 4) $W_p = \frac{J_x}{\rho}$; 5) $W_z = \frac{J_z}{J_{\max}^2}$;

9. Какой коэффициент приведения длины следует принять в формуле Эйлера для данной схемы закрепления стержня:

1) $\mu = 0.7$; 2) $\mu = 3.0$; 3) $\mu = 1.0$; 4) $\mu = 0.5$; 5) $\mu = 2$;



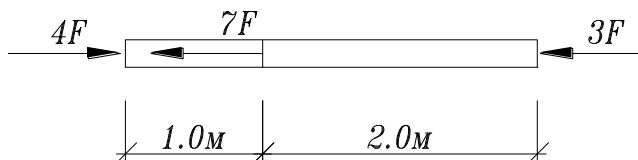
10. Среда называется, если ее свойства по всем направлениям

одинаковы: 1) сплошной; 2) однородной; 3) изотропной; 4) упругой; 5) ортотропной.

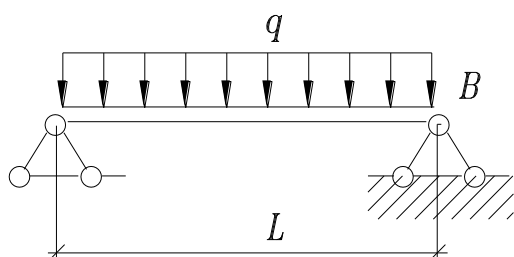
11. Что такое полярный момент инерции плоского сечения относительно заданной оси:

1) Произведение площади на квадрат расстояния до оси; 2) Произведение площади на расстояние до оси; 3) $\int yz dA$; 4) $\int \rho dA$; 5) $\int \rho^2 dA$;

12. Определить наибольшее по абсолютной величине продольное усилие.



- 1) $5F$ 2) $3F$ 3) $2F$ 4) $7F$ 5) $4F$

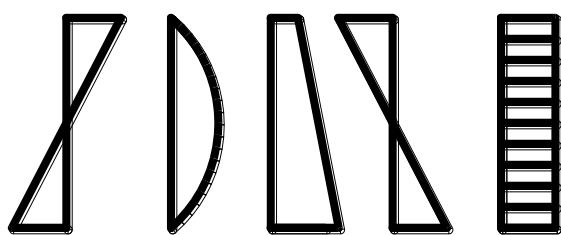
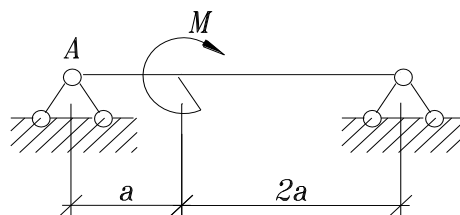


13. Определить вертикальную реакцию в опоре В.

- 1) ql ; 2) $0.4ql$; 3) $0.5ql$; 4) 0 ; 5) $0.6ql$;

14. Определить реакцию опоры А.

- 1) $0.5M$; 2) 0 ; 3) $\frac{M}{3a}$;
4) $\frac{M}{3a}$; 5) $\frac{M}{2a}$;



15. Как распределяются напряжения при растяжении или сжатии по сечению?

16. Какая формула соответствует закону Гука при растяжении или сжатии?

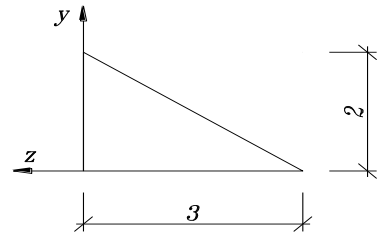
- 1) $\tau = \gamma Q$; 2) $\sigma = \varepsilon \cdot E$; 3) $\tau = \frac{Q}{A}$; 4) $\tau = \frac{\gamma}{\rho} E$; 5) $\sigma = \frac{Mz}{Wz}$;

17. По какой из представленных формул определяется перемещение стержня при растяжении - сжатии?

- 1) $\Delta l = \frac{M_x l}{GI_\rho}$; 2) $\Delta l = \frac{Nl}{EA}$; 3) $\Delta l = \frac{Nl}{EJ}$; 4) $\Delta l = \frac{Ml}{EJ}$; 5) $\Delta l = \frac{Ml}{GA}$;

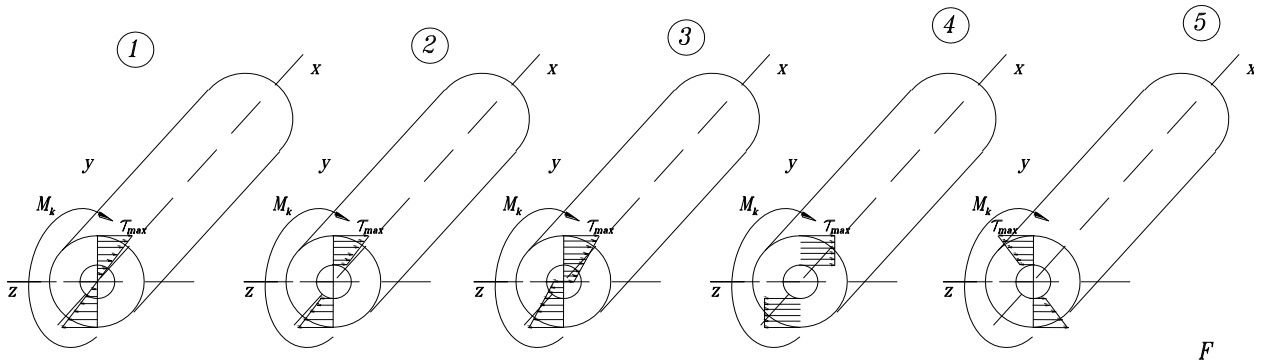
18. Укажите правильное значение момента инерции относительно оси z (размеры на рис. В см.).

- 1) $J_z = 2 \text{ см}^4$; 2) $J_z = 6 \text{ см}^3$; 3) $J_z = 2 \text{ см}^3$;
4) $J_z = 8 \text{ см}^3$; 5) $J_z = 0,00002 \text{ м}^3$;



19. Какая из эюр касательных напряжений при кручении полоого цилиндра правильна?

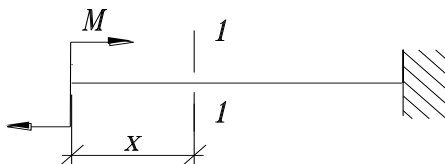
Ответ: 1); 2); 3); 4); 5).



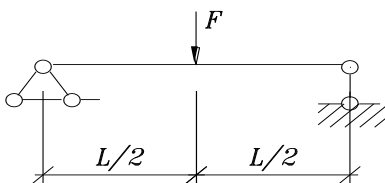
20. По какой формуле определяются касательные напряжения при поперечном изгибе:

- 1) $\tau = \frac{Q}{A}$; 2) $\tau = \frac{Q}{A}$; 3) $\tau = \frac{Q}{W}$; 4) $\tau = \frac{Q \cdot S_{omc}}{I \cdot b}$; 5) $\tau = \frac{Qy}{W}$;

21. Найти изгибающий момент в сечении 1-1:



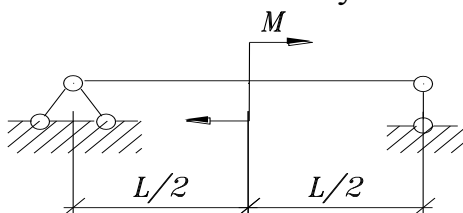
Ответы: 1) Mx ; 2) M ; 3) $\frac{Mx^2}{2}$; 4) $\frac{M}{2}$; 5) $2M$.



22. Найти максимальный по абсолютной величине изгибающий момент:

- 1) $\frac{Fl}{3}$; 2) $\frac{Fl}{4}$; 3) $\frac{Fl}{8}$; 4) $\frac{Fl^2}{4}$; 5) $\frac{3Fl}{2}$;

23. Найти максимальную по абсолютной величине поперечную силу



- 1) $\frac{M}{l}$; 2) $\frac{M}{2}$; 3) Ml ; 4) $\frac{M}{4}$; 5) $\frac{Ml}{2}$;

24. Как изменится при поперечном изгибе величина максимального касательного напряжения в поперечном сечении с размерами $a \times a$, если размер увеличить в 2 раза?

- 1) Не изменится; 2) Уменьшится в 2 раза; 3) Уменьшится в 4 раза; 4) Уменьшится в 8 раз; 5) Увеличится в 2 раза.

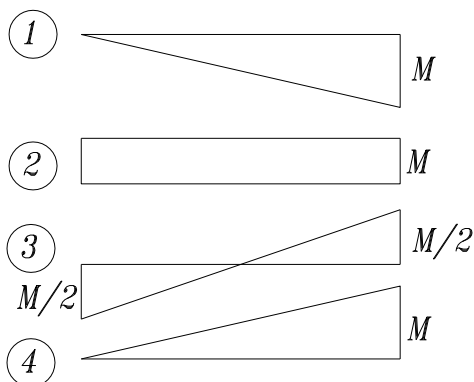
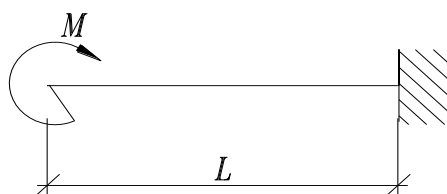
25. По какой из указанных формул определяются касательные напряжения в сечении балки при действии момента M_z и поперечной силы Q_y ?

- 1) $\tau = \frac{M_z \cdot S_x^{omc}}{J_z \cdot b(y)}$; 2) $\tau = \frac{Q_y \cdot S_z^{omc}}{J_z \cdot b(y)}$; 3) $\tau = \frac{M_z \cdot S_z^{omc}}{J_z \cdot b(y)}$; 4) $\tau = \frac{Q_y \cdot S_z^{omc}}{W_z \cdot b(y)}$; 5) $\tau = \frac{Q_y \cdot S_y^{omc}}{J_y \cdot b(y)}$;

26. Каким методом определяется упругая ось балки для сложных типов нагрузок на балку постоянного поперечного сечения?

- 1) Методом начальных параметров; 2) Методом непосредственного интегрирования дифференциального уравнения изгиба; 3) Составлением уравнений равновесия; 4) На основе применения принципа независимости действия сил.

27. Укажите правильную эпюру изгибающих моментов

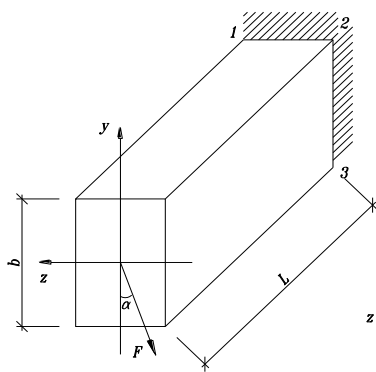


28. Укажите правильное условие прочности при изгибе

- 1) $\sigma = \frac{M_x}{W_x} \leq R_u$; 2) $\max \sigma = \frac{M_x}{W_x} \geq R_u$; 3) $\max \sigma = \frac{\max M_x}{W_x} \leq R_u$; 4) $\max \sigma = \frac{M_x}{W_p} \leq R_u$;
5) $\max \sigma = \frac{\max M_x}{W_x} \geq R_u$;

29. В поперечном сечении стержня $b \times h$ ($0 \leq x \leq b, -h/2 \leq y \leq h/2$) размер h увеличили в 2 раза. Как изменится W_z ?

- 1) не изменится; 2) увеличится в 2 раза; 3) увеличится в 4 раза; 4) увеличится в 6 раз; 5) увеличится в 8 раз.

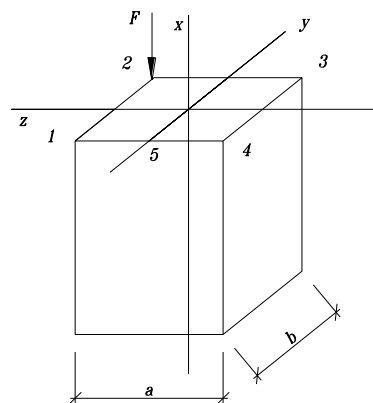


30. Установите вид напряженного состояния бруса:

- 1) Кручение; 2) Плоский изгиб; 3) Косой изгиб;
4) Сжатие.

31. По какой формуле определяются нормальные напряжения в любой точке бруса, изображенного на рисунке

- 1) $\sigma_x = -\frac{F}{A}$; 2) $\sigma_x = -\frac{F}{A} + \frac{m}{W}$; 3) $\sigma_x = \frac{F}{J_z}$;
4) $\sigma_x = \frac{F}{A} + \frac{Fz}{J_y} + \frac{Fy}{J_z}$; 5) $\sigma_x = -\frac{FS_{z}^{omc}}{J_z b}$;

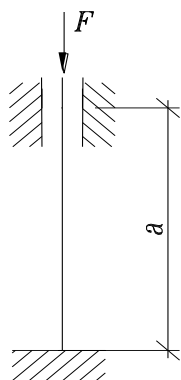


32. Какой теории прочности соответствует эквивалентное напряжение $\sigma_3 = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$

- 1) Первой 2) Второй 3) Третьей 4) Четвертой

33. Какие сечения называются главными:

- 1) расположенные под углом 45° ; 2) с максимальными касательными напряжениями; 3) с экстремальными нормальными напряжениями; 4) расположенные под углом 90° ; 5) с наибольшими нормальными и касательными напряжениями;



34. Какой коэффициент приведения длины следует принять в формуле Эйлера для данной схемы закрепления стержня

- 1) $\mu = 1.7$; 2) $\mu = 0.7$; 3) $\mu = 1.0$; 4) $\mu = 0.5$; 5) $\mu = 2$;

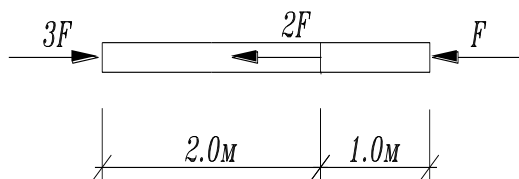
35. Среда называется, если ее свойства по различным направлениям различны:

- 1) сплошной; 2) однородной; 3) изотропной; 4) анизотропной; 5) ортотропной.

36. Для каких расчетов используется полярный момент инерции?

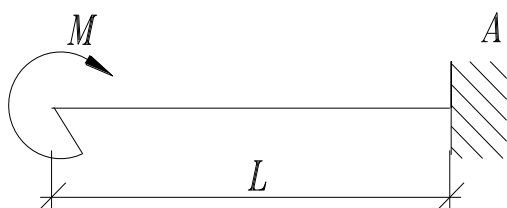
- 1) При расчетах на прочность; 2) При расчетах на жесткость;

3) Для определения положения центра тяжести сечения; 4) При расчетах на устойчивость; 5) При расчетах на кручение.



37. Определить наибольшее продольное усилие.

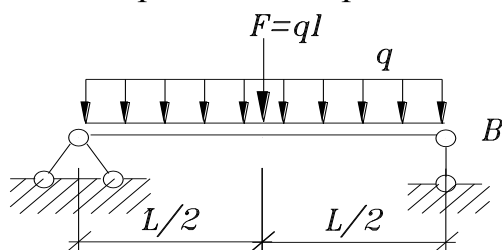
- 1) $5F$; 2) F ; 3) $2F$; 4) $3F$; 5) $4F$.



38. Определить реакцию в опоре.

- 1) 0; 2) $\frac{M}{l}$; 3) M ; 4) $0.5\frac{M}{l}$; 5) $0.5M$.

39. Определить реакцию опоры В.



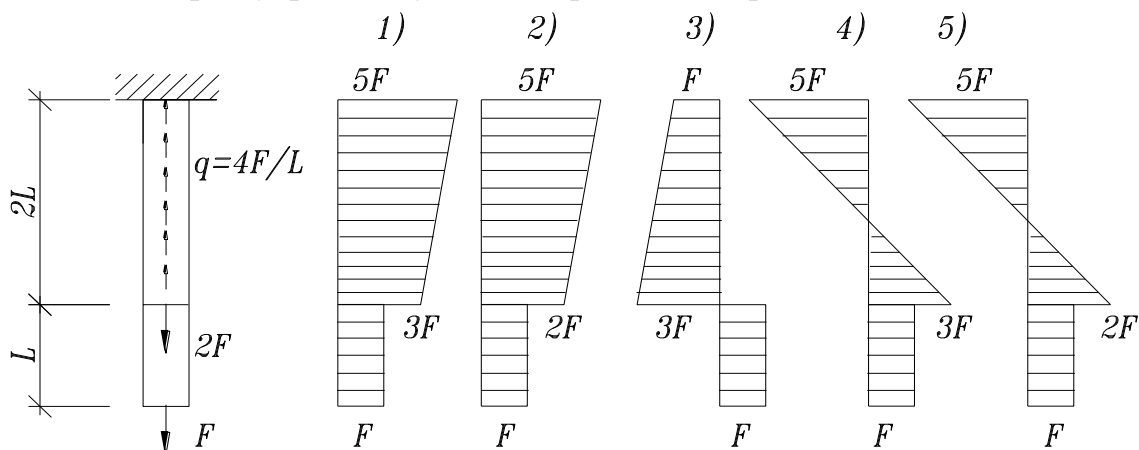
- 1) $\frac{ql}{4}$; 2) $\frac{ql}{2}$; 3) ql ; 4) $2ql$; 5) $\frac{2}{3}ql$;

40. Как записывается жесткость при растяжении или сжатии

- 1) GI_ρ ; 2) GA ; 3) EJ ; 4) EA ; 5) EJ_ρ ;

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Какая из эпюр внутренних усилий верна для стержня



2. По какой формуле определяют напряжение при растяжении – сжатии

- 1) $\sigma = \frac{N}{A}$; 2) $\sigma = \frac{N}{J}$; 3) $\tau = \frac{M_x}{W_\rho}$; 4) $\sigma = \frac{M}{W}$; 5) $\tau = \frac{Q}{A}$;

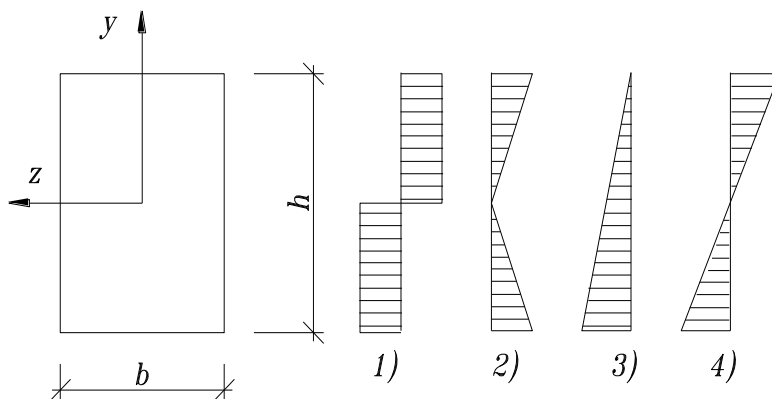
3. Какая из геометрических характеристик может быть отрицательной.

- 1) J_x ; 2) J_y ; 3) J_ρ ; 4) J_{xy} ; 5) I_x ;

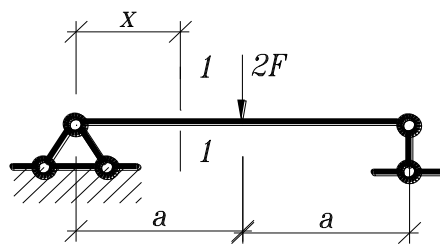
4. Укажите формулу касательных напряжений при кручении круглого вала

- 1) $\tau = \frac{M_x}{J_\rho} \rho$; 2) $\tau = \frac{M_x}{W_\rho}$; 3) $\tau = \frac{M_x}{GJ_\rho}$; 4) $\tau = \frac{M_x}{GJ_z} \rho$; 5) $\tau = \frac{M_x}{W_\rho} \rho$;

5. Укажите правильную эпюру нормальных напряжений в сечении при поперечном изгибе прямоугольного бруса

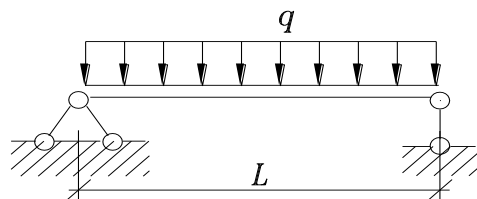


6. Найти изгибающий момент в сечении 1-1:



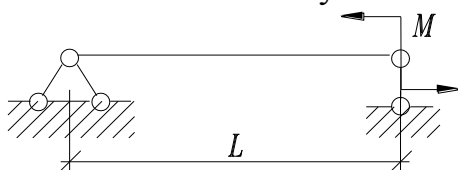
Ответы: 1) $2Fa$; 2) $\frac{Fx}{2}$; 3) Fx ; 4) Fx^2 ; 5) Fa ;

7. Найти максимальный по абсолютной величине изгибающий момент:



- 1) $\frac{ql^2}{8}$; 2) $\frac{ql^4}{24}$; 3) $\frac{ql^3}{3}$; 4) $\frac{ql^2}{4}$; 5) $\frac{ql^2}{2}$;

8. Найти максимальную по абсолютной величине поперечную силу



- 1) $2Ml$; 2) $\frac{M}{2l}$; 3) $\frac{M}{2}$; 4) $\frac{M}{4}$; 5) $\frac{M}{l}$.

9. Изменится ли положение нейтральной линии сечения при

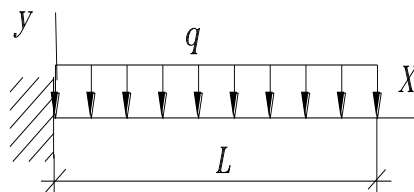
поперечном изгибе балки относительно оси z (x - продольная ось), если к балке приложить дополнительную силу Q_y и момент M_z ?

- 1) Да, изменится; 2) Линия сместится в положительном направлении y ;
- 3) Не изменится; 4) Линия повернется в плоскости xu ; 5) Линия сместится в отрицательном направлении y .

10. По какой из указанных формул определяется момент сопротивления сечения относительно оси z при изгибе?

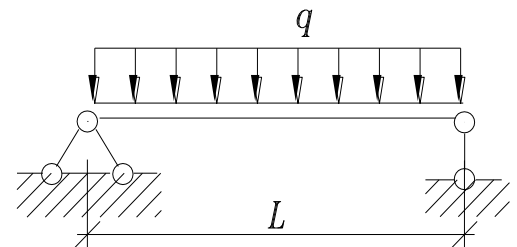
- 1) $W_z = \frac{J_z}{W_y}$; 2) $W_z = \frac{J_z}{|x_{\max}|}$; 3) $W_z = \frac{J_y}{|x_{\max}|}$; 4) $W_z = \frac{J_z}{|y_{\max}|}$; 5) $W_z = \frac{J_z}{\frac{|y_{\max}|}{2}}$;

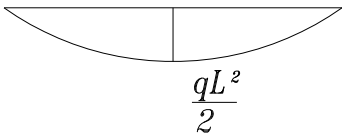
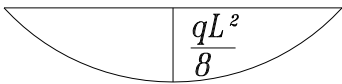
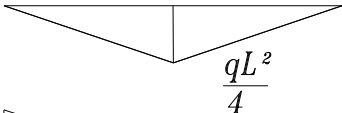
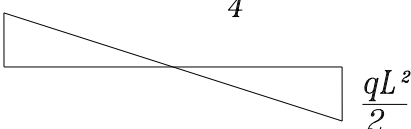
12. Ниже записано одно правильное решение для упругой оси балки, требуется указать его:



- 1) $EJy(x) = -\frac{ql^2}{2} \cdot \frac{x^2}{2} + ql \frac{x^3}{6} - q \frac{x^4}{24}$; 2) $EJy(x) = -\frac{qx^4}{24}$;
- 3) $EJy(x) = -\frac{ql^2}{4} x^2 - \frac{qx^4}{24}$; 4) $EJy(x) = -ql \frac{x^2}{6} - q \frac{x^4}{24}$;
- 5) $EJy(x) = -\frac{ql^2}{2} \cdot \frac{x^2}{2} + \frac{qlx^3}{6}$;

13. Укажите правильную эпюру изгибающих моментов



- 1)  $\frac{qL^2}{8}$
- 2)  $\frac{qL^2}{8}$
- 3)  $\frac{qL^2}{4}$
- 4)  $\frac{qL^2}{2}$

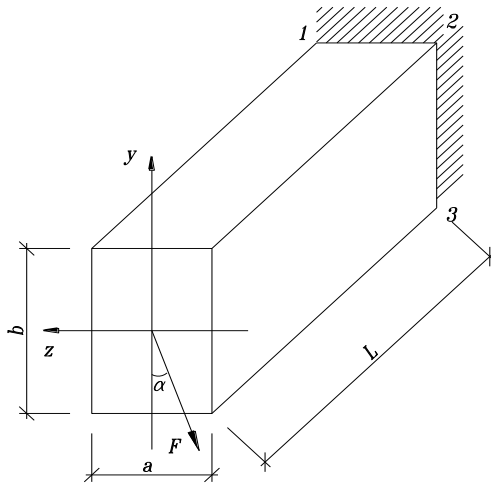
14. В стержне постоянного сечения возникает продольная сила $N = 10 \text{ кН}$. Расчетное сопротивление $R_p = 120 \text{ МПа}$. Исходя прочности, определить

площадь поперечного сечения $A [cm^2]$

1) 1; 2) 0.6; 3) 0.83; 4) 0.95; 5) 1.2.

15. В поперечном сечении балки диаметром d действуют M_z и Q_y . Указать формулу для определения нормального напряжения в точке

$A(x=0, y=d/4)$: 1) $\sigma = M_x \cdot \frac{32}{\pi \cdot d^3}$; 2) $\sigma = M_x \cdot \frac{8}{\pi \cdot d^3}$; 3) $\sigma = M_x \cdot \frac{16}{\pi \cdot d^3}$;
4) $\sigma = M_x \cdot \frac{64}{\pi \cdot d^3}$; 5) $\sigma = M_x \cdot \frac{32}{\pi \cdot d^4}$;

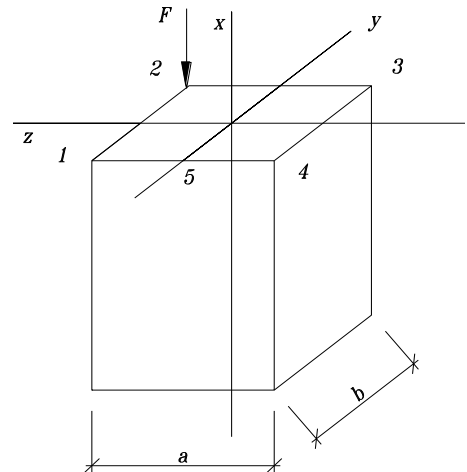


16. По какой формуле определяют нормальные напряжения

1) $\sigma_x = \frac{F}{A}$; 2) $\sigma_x = \frac{F}{W_z}$;
3) $\sigma_x = \frac{M_z y}{J_z} + \frac{M_y \cdot z}{J_y}$;
4) $\sigma_x = \frac{F}{A} + \frac{F y_k y}{J_z} + \frac{F z_k z}{J_y}$;
5) $\sigma_x = -\frac{F S_y^{omc}}{J_z \cdot b}$;

17. По какой формуле определяются положение z нейтральной линии

1) $y=0$, 2) $tg \beta = \frac{J_y}{J_z} tg \alpha$,
3) $tg \beta = \frac{J_{zy}}{J_{max} - J_z}$, 4) $M_z = 0$,
5) $1 + \frac{y_n \cdot y}{i_z^2} + \frac{z_n \cdot z_y}{i_y^2} = 0$,

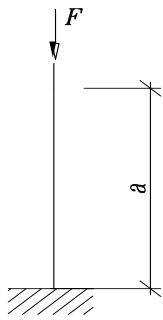


18. По какой теории записано условие прочности $\sigma_1 - \sigma_3 < R$:

1) по первой; 2) по второй; 3) по третьей; 4) по четвертой;

19. Какая сила называется критической:

1) наибольшая сжимающая; 2) наибольшая растягивающая; 3) наименьшая сжимающая; 4) наименьшая сжимающая, при которой прямолинейная форма равновесия становится неустойчивой; 5) наибольшая поперечная сила.



20. Какой коэффициент приведения длины следует принять в формуле Эйлера для данной схемы закрепления стержня:

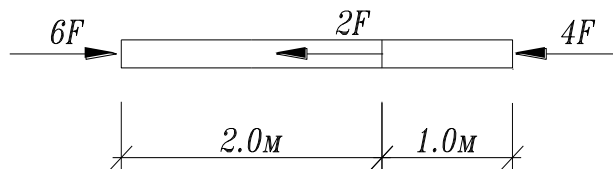
- 1) $\mu = 0.7$; 2) $\mu = 3.0$; 3) $\mu = 1.0$; 4) $\mu = 0.5$; 5) $\mu = 2$;

21. Среда называется, если ее свойства по двум взаимно перпендикулярным направлениям различны: 1) сплошной; 2) однородной; 3) изотропной; 4) анизотропной; 5) ортотропной.

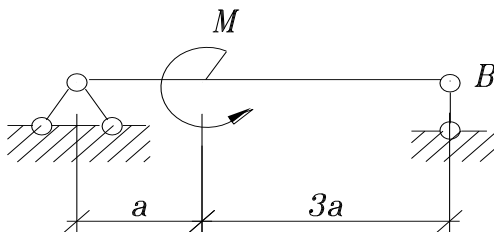
22. Для каких расчетов используется центральный момент инерции плоского сечения:

- 1) для определения положения центра тяжести сечения; 2) при расчетах на жесткость; 3) для определения положения главных осей сечения; 4) при расчетах на устойчивость; 5) при расчетах на кручение.

23. Определите наибольшее продольное усилие.



- 1) $5F$; 2) $3F$; 3) $6F$; 4) $7F$; 5) $8F$.

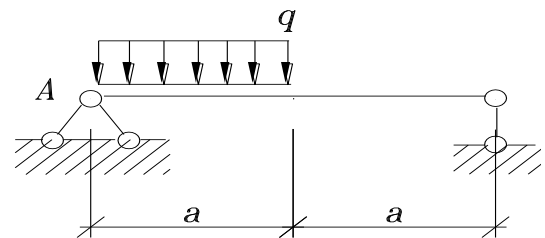


24. Определить реакцию в опоре B.

- 1) 0; 2) $\frac{M}{3a}$; 3) $-\frac{M}{4a}$; 4) $\frac{M}{a}$; 5) $-\frac{M}{a}$.

25. Определить реакцию опоры A.

- 1) qa ; 2) $-qa$; 3) $0.75qa$; 4) $0.8qa$; 5) 0.



26. По какой из формул определяются максимальные напряжения с учетом собственного веса при растяжении или сжатии

- 1) $\frac{M}{W} + \gamma l$; 2) $\frac{F}{A} + \gamma l$; 3) $\frac{\tau}{W_p} + \gamma l$; 4) $\frac{M}{W} + \gamma l$; 5) $\frac{M}{W} + \gamma l$;

27. Стальной стержень длиной 1 м и площадью поперечного сечения $A = 2 \text{ см}^2$ растягивается силой $F = 30 \text{ кН}$, $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$. Какое из значений соответствуют собственному удлинению стержня:

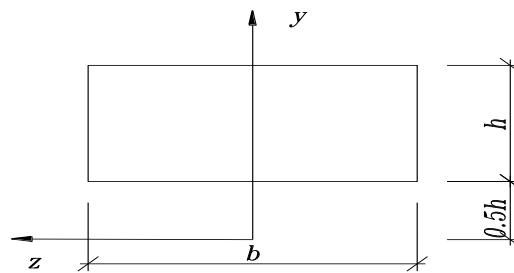
1) 0.02 см, 2) 0.065 см, 3) 0.075 см, 4) 0.08 см, 5) 0.045 см.

28. Какой модуль упругости используется при расчете стержня на растяжение или сжатие:

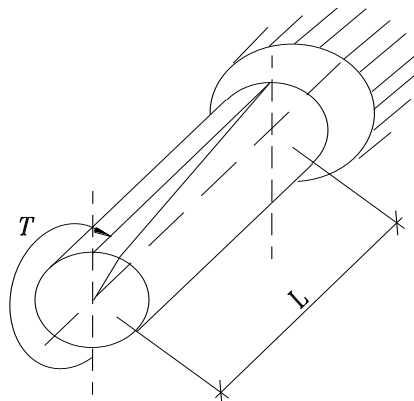
1) G ; 2) E ; 3) ν ; 4) K ; 5) λ .

29. Укажите правильное значение момента инерции относительно оси z

- 1) $J_z = bh^3/12 - bh^3/12$; 2) $J_z = bh^3/12$;
 3) $J_z = bh^3/12 + bh^3$; 4) $J_z = bh^2/12 + bh^2$;
 5) $J_z = bh^3/3 + bh^3$;

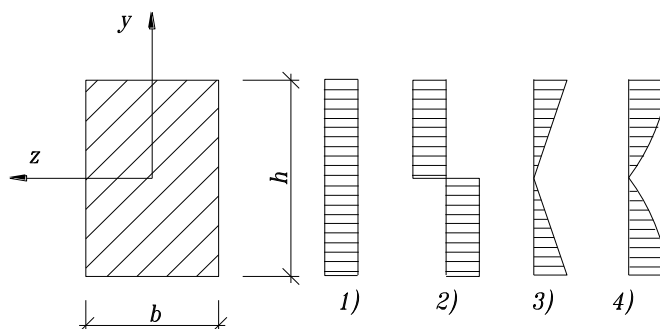


30. Укажите формулу угла закручивания круглого вала

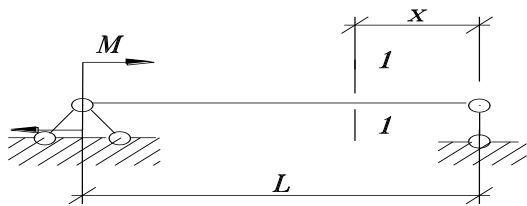


- 1) $\varphi = \frac{M_x}{J\rho}l$; 2) $\varphi = \frac{M_x}{GJ\rho}\rho$; 3) $\varphi = \frac{M_x}{J\rho}$; 4) $\varphi = \frac{M_x}{GJ\rho}$;
 5) $\varphi = \frac{M_x}{GJ\rho}l$;

31. Укажите правильную эпюру касательных напряжений в сечении при поперечном изгибе прямоугольного бруса



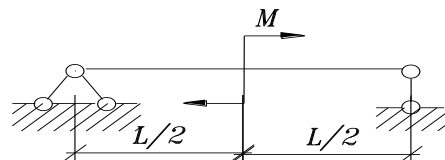
32. Найти изгибающий момент в сечении 1-1:



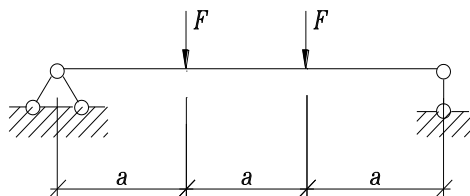
Ответы: 1) $\frac{M}{l}x$; 2) Mx ; 3) $\frac{Mx^2}{2}$;
4) 0; 5) $\frac{M}{2}$.

33. Найти максимальный по абсолютной величине изгибающий момент:

1) $\frac{Ml}{4}$; 2) Ml ; 3) $2M$; 4) $\frac{M}{2}$; 5) $\frac{Ml}{2}$.



34. Найти максимальную по абсолютной величине поперечную силу

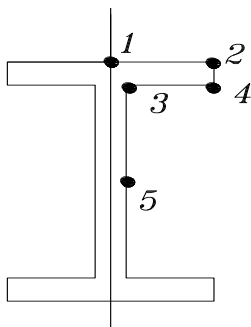


1) $2F$; 2) $\frac{F}{2}$; 3) F ; 4) Fa ; 5) $\frac{F}{4}$.

35. В балке с поперечным сечением $b \times h$ ($0 \leq x \leq b$, $-h/2 \leq y \leq h/2$) увеличили размер b в 2 раза. Как изменится W_z ?

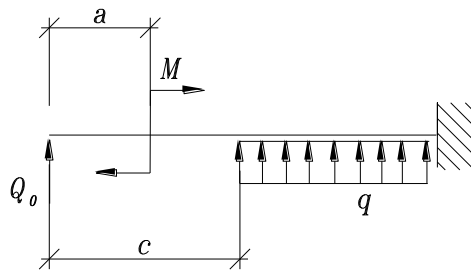
1) Не изменится; 2) Уменьшится в 2 раза; 3) Уменьшится в 4 раза;
4) Увеличится в 2 раза; 5) Увеличится в 4 раза.

36. В какой из указанных точек сечения возникают наибольшие касательные напряжения при действии поперечной силы Q_y ?



1) $m.1$ 2) $m.2$ 3) $m.3$ 4) $m.4$ 5) $m.5$

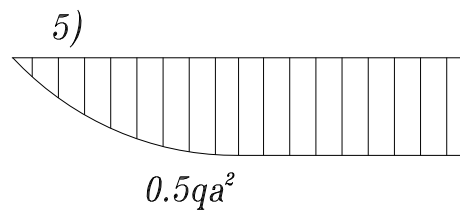
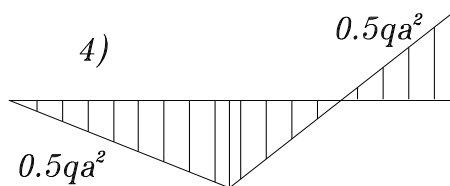
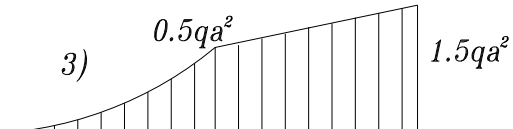
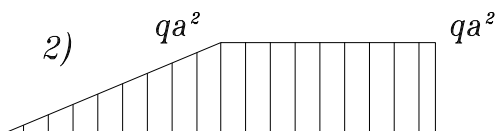
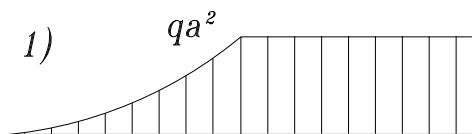
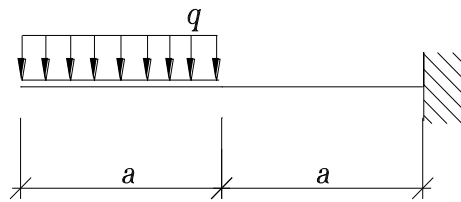
37. Ниже записано универсальное уравнение углов поворота оси изогнутой балки, содержащее одно лишнее слагаемое. Требуется устранить лишнее (одно из пяти) слагаемое.



$$EJ\varphi(x) = \varphi_0 + \frac{Q_0 x^2}{2} + M(x-a) + F(x-b) + q \frac{(x-c)^3}{6};$$

1) 2) 3) 4) 5)

38. Укажите правильную эпюру изгибающих моментов



39. В балке возникает максимальный момент $\max M_x = 18 \text{ кН} \cdot \text{м}$, расчетное сопротивление $R_u = 150 \text{ МПа}$. Исходя из условия прочности, определить осевой момент сопротивления W_x .

1) 100 см^3 ; 2) 150 см^3 ; 3) 160 см^3 ; 4) 120 см^3 ; 5) 115 см^3 .

40. В поперечном сечении балки диаметром d действуют M_x и Q_y .

Указать формулу для определения касательного напряжения в точке $A(x=0, y=d/2)$:

$$1) \tau = 0; \quad 2) \tau = \frac{4Q_y}{d^2}; \quad 3) \tau = \frac{8Q_y}{d^2}; \quad 4) \tau = \frac{16Q_y}{d^2}; \quad 5) \tau = \frac{32Q_y}{d^2}.$$

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к экзамену

1. Введение: задачи, решаемые в сопротивлении материалов; объекты исследования; идеализация свойств материала; понятие о прочности и разрушении, условия разрушения и прочности; метод исследования внутренних усилий и уравнения, используемые при этом; понятия о напряжениях, среднем, истинном и составляющих напряжениях; напряженные состояния тела.
2. Теория напряжений. Условия возникновения плоского и объемного напряженных состояний: правила знаков для напряжений; формулировка и запись закона равновесия касательных сил; определение в произвольном сечении составляющих напряжения - нормального, касательного и по координатным осям; напряжения во взаимно перпендикулярных сечениях; главные сечения, их свойства и определение положений; формулы для вычисления главных напряжений и деформаций; экстремальные касательные напряжения и положение сечений, в которых они действуют.
3. Деформации. Закон Гука. Абсолютные и относительные линейные деформации. Закон Гука при центральном растяжении в абсолютных и относительных величинах. Упругие характеристики материала. Принципы, применяемые при выполнении расчетов. Обобщенный закон Гука. Относительное изменение объема упругого тела. Границы изменения коэффициента Пуассона.
4. Механические характеристики материалов. Диаграммы растяжения и сжатия и особенности свойств: стали, чугуна, древесины. Диаграммы условных и истинных напряжений малоуглеродистой стали. Вычисление и формулировки пределов: пропорциональности, упругости, текучести, прочности, длительного сопротивления. Упругость, пластичность, наклеп. Ползучесть и релаксация с графическими представлениями.
5. Нормативные и расчетные нагрузки и сопротивления. Коэффициенты надежности. Понятие о предельных состояниях.
6. Назначение теорий прочности. Допущения. Гипотезы: причины катастрофических состояний, их запись и формулировки. Приведенное напряжение, универсальная запись предельных состояний и условия прочности, действительный коэффициент запаса прочности.
7. Чистый плоский изгиб: определение напряжений, нейтральная линия, эпюра напряжений, деформации и кривизна оси изогнутого стержня, условие и признаки чистого плоского изгиба. Нечистый плоский изгиб.
8. Простые статически определимые балки: типы балок и опор, опорные реакции, понятие о поперечной силе Q_y и изгибающем моменте M_z , правило знаков для Q_y и M_z , дифференциальные зависимости между Q_y , M_z , q и их использование при построении эпюр Q_y и M_z .

9. Напряжения при поперечном плоском изгибе. Расчет прочности балок из хрупкого материала, момент сопротивления балок изгибу W_z , примеры вычисления W_z , то же для балок из пластичного материала, балка равного сопротивления.
10. Сдвигающие усилия в продольных сечениях балок. Касательные напряжения в балках прямоугольного и двутаврового поперечных сечений, главные сечения, главные и приведенные напряжения, коэффициент запаса прочности, траектории главных напряжений при поперечном плоском изгибе балок.
11. Точное и приближенное дифференциальное уравнения оси изогнутой балки; постоянные интегрирования и способы их выравнивания; примеры вычисления углов поворота сечений и прогибов
12. Чистый сдвиг: главные напряжения и деформации, закон Гука, модуль упругости при сдвиге, абсолютный и относительный сдвиг.
13. Кручение прямого стержня сплошного круглого поперечного сечения: определение напряжений и углов закручивания; расчет прочности стержней из хрупкого и пластичного материалов.
14. Свободное кручение стержня прямоугольного и тонкостенного сечений, расчет прочности и жесткости.
15. Косой изгиб: напряжения, перемещения, расчет прочности; условие плоского и косого изгибов.
16. Внецентренное растяжение (сжатие) стержня: определение напряжений и положения нейтральной линии, эпюра напряжений и условие прочности, центр давления (растяжения) и положение нейтральной линии, понятие о ядре сечения.
17. Сложное сопротивление бруса сплошного круглого поперечного сечения: определение напряжений и расчет прочности.
18. Сложное сопротивление бруса прямоугольного поперечного сечения: определение напряжений и расчет прочности.
19. Устойчивость центрально сжатых стержней: вывод формулы Эйлера для стержня с шарнирно опертыми концами, модификация формулы Эйлера при других способах закрепления, критическое напряжение, гибкость стержня, допускаемые напряжения, условия применимости формулы Эйлера. Расчет устойчивости при напряжениях, превосходящих предел пропорциональности, формула Ясинского. Расчет с помощью коэффициента снижения расчетного сопротивления. Понятие о устойчивости плоской формы изгиба балок.
20. Концентрация напряжений: задача Колосова, влияние концентрации напряжений на прочность, частные случаи задачи Колосова, теоретический и эффективный коэффициенты концентраций напряжений.
21. Усталость материалов, предел выносливости и его определение; расчет прочности при совместном действии постоянных и переменных нагрузок.
22. Динамические нагрузки и расчеты. Масса тела, сила инерции, принцип Даламбера. Направления изучения динамических процессов.
23. Удар, расчетная модель, основные допущения; начальная скорость после соударения, статические и динамические напряжения и

перемещения, понятие о динамическом коэффициенте; определение динамического коэффициента без учета и с учетом распределенной массы ударяемого тела.

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Решение расчетно-графических заданий выполняется студентами самостоятельно по индивидуальным вариантам, выдаваемым преподавателем. При сдаче РГР обучающийся «защищает» работу, решая в присутствии преподавателя короткие тестовые задачи и отвечая на теоретические вопросы по данной теме.

Решение тестовых задач проводится в аудитории в рамках самостоятельной работы, под контролем преподавателя в виде решения индивидуальных тестовых задач по пройденным темам разделов технической механики. На решение задачи отводится 30 минут. При верном ответе студенту выставляется «зачет» по данной теме.

Зачёт может проводиться по итогам текущей успеваемости, выполнения стандартных задач в течение семестра по всем пройденным темам, сдачи РГР, то путём организации специального опроса, проводимого устной или письменной форме по вопросам п.7.2.4. Для зачета должно быть не менее 70% верных ответов.

Если имеются темы, по которым стандартные задачи по индивидуальным вариантам не решены, то эти задачи решаются до устного или письменного опроса.

При проведении экзамена обучающемуся предоставляется 30 минут. Экзамен проводится по тест - билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.
2. Оценка «удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов.
3. Оценка «хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.
4. Оценка «отлично» ставится в случае, если студент набрал от 16 до 20 баллов.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Введение в курс	УК-1, ОПК-1	Тест
2	Геометрические характеристики поперечных сечений стержней	УК-1, ОПК-1	Тест, контрольная работа

3	Центральное растяжение и сжатие стержней	УК-1, ОПК-1	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ
4	Напряженное и деформированное состояние в точке тела	УК-1, ОПК-1	Тест, контрольная работа
5	Плоский изгиб	УК-1, ОПК-1	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ
6	Внецентренное растяжение-сжатие	УК-1, ОПК-1	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ
7	Чистый сдвиг	УК-1, ОПК-1	Тест, контрольная работа
8	Кручение стержней	УК-1, ОПК-1	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ
9	Сложное сопротивление стержня	УК-1, ОПК-1	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ
10	Устойчивость сжатых стержней	ОПК-1, ОПК-6	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ
11	Динамические и периодические нагрузки	ОПК-1, ОПК-6	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка согласно, методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. **Максина, Е. Л.** Техническая механика [Электронный ресурс] : Учебное пособие / Е. Л. Максина ; Е. Л. Максина. - Техническая механика ;

- 2020-02-05. - Саратов : Научная книга, 2019. - 159 с. - ISBN 978-5-9758-1792-1. URL: <http://www.iprbookshop.ru/81063.html>
2. **Степин, П. А.** Сопротивление материалов [Электронный ресурс] / П. А. Степин ; Степин П. А. - 13-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2021. - 320 с. - Книга из коллекции Лань - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-8114-1038-5. URL: <https://e.lanbook.com/book/168383>
 3. **Жуков, В. Г.** Механика. Сопротивление материалов [Электронный ресурс] / В. Г. Жуков ; Жуков В. Г. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 416 с. - Книга из коллекции Лань - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-8114-1244-0. URL: <https://e.lanbook.com/book/210884>
 4. **Кудрявцев, С. Г.** Сопротивление материалов. Интернет-тестирование базовых знаний [Электронный ресурс] / С. Г. Кудрявцев, В. Н. Сердюков ; Кудрявцев С. Г., Сердюков В. Н. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 176 с. - Книга из коллекции Лань - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-8114-1393-5. URL: <https://e.lanbook.com/book/211139>
 5. Сопротивление материалов [Электронный ресурс] : пособие по решению задач / И. Н. Миролюбов [и др.] ; Миролюбов И. Н., Алмаметов Ф. З., Курицин Н. А., Изотов И. Н. - 9-е изд., испр. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 512 с. - Книга из коллекции Лань - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-8114-0555-8. URL: <https://e.lanbook.com/book/211427>
 6. **Молотников, В. Я.** Курс сопротивления материалов [Электронный ресурс] / В. Я. Молотников ; Молотников В. Я. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 384 с. - Книга из коллекции Лань - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-8114-0649-4. URL: <https://e.lanbook.com/book/212261>
 7. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов. - М.: изд. МГТУ, 2010г. -591 с.
 8. Александров А.В. Сопротивление материалов : учебник для вузов / Александров Анатолии Васильевич, Потапов Вадим Дмитриевич, Державин Борис Павлович; под ред. А,В. Александрова.- М.: Высш. Шк, 2004, 2003, 2001,2000 г.г. изд.
 9. Заславский Б.В. Краткий курс сопротивления материалов М.: Машиностроение, 1986. –328 с.
 10. Вольмир А.С. и др. Сборник задач по сопротивлению материалов. - М.: Наука, 1984. –407 с.
 11. Уманский А.А. и др. Сборник задач по сопротивлению материалов. М.: Наука, 1973.
 12. Андреев В.И. Видео-курс лекции по сопротивлению материалов.
 13. Ицкович Г.М., Минин Л.С., Винокуров А.И., Руководство к решению задач по сопротивлению материалов - М.: Высшая школа, 1999. –592
 - 14.Миролюбов И.Н. и др. Пособие к решению задач по сопротивлению материалов –М: Высшая школа, 1985. –399 с.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных

профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Лицензионное программное обеспечение:

1. LibreOffice.
2. Microsoft Office Outlook 2013/2007.
3. Пакет прикладных программ MATLAB для решения задач технических вычислений.
4. Многофункциональный программный комплекс ПК ЛИРА-САПР для проектирования и расчета строительных и машиностроительных конструкций различного назначения.

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1. <http://www.edu.ru/>.
2. Образовательный портал ВГТУ.

Информационные справочные системы:

1. <http://window.edu.ru>
2. <https://wiki.cchgeu.ru/>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Требования к условиям реализации дисциплины

№ п/п	Вид аудиторного фонда	Требования
1.	Лекционная аудитория	Аудитория должна быть оборудована, как обычной доской, так и техническими средствами для реализации мультимедийной технологии проведения лекции (проектор, экран или интерактивная доска, Notebook или другой ПК).
2.	Компьютерные классы	Оснащение специализированной учебной мебелью. Оснащение техническими средствами обучения: ПК с возможностью подключения к локальным сетям и Интернету. Наличие вычислительной техники из расчёта один ПК на одного студента.
3.	Аудитория для практических занятий	Аудитория должна быть оборудована как обычной доской, так и техническими средствами для реализации мультимедийной технологии проведения практических занятий (проектор, экран, или интерактивная доска, ноутбук или другой ПК с процессором не ниже 1,2 ГГц).

Перечень материально-технического обеспечения дисциплины:

– Специализированная аудитория (компьютерный класс), оборудованная интерактивными технологиями представления видеоматериала при проведении лекционных и практических занятий, а также для выполнения расчетно-графических работ и проведения всех видов контрольных мероприятий с помощью компьютерного тестирования. Программы, установленные на ПЭВМ по расчету:

- ✓ простой балки на прочность и жесткость;
- ✓ напряженно-деформированного состояния треугольной пластинки;
- ✓ бруса на сложное сопротивление;
- ✓ кручения стержней;

- ✓ устойчивости центрально-сжатых стоек.
- Методические указания к РГР и контрольным работам.
- Испытательная лаборатория (ауд. 2116) для проведения лабораторных работ. Проводятся механические испытания различных материалов и лабораторных образцов для студентов. В наличии имеются испытательные машины:

- ✓ ГМС-20 (растяжение-сжатие, изгиб стали и чугуна);
- ✓ УИМ-50 (растяжение-сжатие, изгиб стали и чугуна);
- ✓ ГРМ-2А (растяжение-сжатие, изгиб стали и чугуна);
- ✓ Копёр КМ-30 (ударная вязкость стали);
- ✓ Р-0,5 (растяжение-сжатие стальной пружины);
- ✓ Р-10 (растяжение-сжатие, скалывание древесины);
- ✓ КМ-50-1 (закон Гука при кручении [без разрушения], сталь);
- ✓ Машина Амслера (кручение образцов из стали и чугуна до разрушения);
- ✓ ИМ-4Р (срез нагеля, смятие-сжатие древесины);
- ✓ ТШ-2 (определение твёрдости по Бринеллю);
- ✓ ТК-2М (определение твёрдости по Роквеллу)

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Сопротивление материалов» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета стержней, элементов конструкции, деталей и узлов машин. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.

Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоения учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом, экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП