

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения  
Императора Александра I»  
(ФГБОУ ВО ПГУПС)

## **ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

дисциплины

*Б1.О.24 «СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ»*

для специальности

*23.05.06 «Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей»*

по специализациям

*«Строительство магистральных железных дорог»,*

*«Управление техническим состоянием железнодорожного пути»,*

*«Мосты»,*

*«Тоннели и метрополитены»*

Форма обучения – очная, заочная

*«Строительство дорог промышленного транспорта»*

Форма обучения – очная

Санкт-Петербург  
2025

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Оценочные материалы рассмотрены и утверждены на заседании кафедры «Механика и прочность материалов и конструкций»  
Протокол № 6 от 18 декабря 2024 г.

Заведующий кафедрой

«Механика и прочность материалов и конструкций»

\_\_\_\_\_ 2024 г.

\_\_\_\_\_

С.А. Видюшенков

### СОГЛАСОВАНО

Руководитель ОПОП ВО

по специализации «Строительство магистральных железных дорог»

\_\_\_\_\_ 2024 г.

\_\_\_\_\_

С.В. Шкурников

Руководитель ОПОП ВО

по специализации «Управление техническим состоянием железнодорожного пути»

\_\_\_\_\_ 2024 г.

\_\_\_\_\_

А.В. Романов

Руководитель ОПОП ВО

по специализации «Мосты»

\_\_\_\_\_ 2024 г.

\_\_\_\_\_

С.В. Чижов

Руководитель ОПОП ВО

по специализации «Тоннели и метрополитены»

\_\_\_\_\_ 2024 г.

\_\_\_\_\_

А.П. Ледяев

Руководитель ОПОП ВО

по специализации «Строительство дорог промышленного транспорта»

\_\_\_\_\_ 2024 г.

\_\_\_\_\_

А.Ф. Колос

**1. Планируемые результаты обучения по дисциплине, обеспечивающие достижение планируемых результатов освоения основной профессиональной образовательной программы**

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), обеспечивающие достижение планируемых результатов освоения основной профессиональной образовательной программы, приведены в п. 2 рабочей программы.

**2. Задания, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих индикаторы достижения компетенций в процессе освоения основной профессиональной образовательной программы**

Перечень материалов, необходимых для оценки индикатора достижения компетенций, приведен в таблицах 2.1 и 2.2.

Т а б л и ц а 2.1

Для очной формы обучения

Индикатор достижения компетенции	Планируемые результаты обучения	Материалы, необходимые для оценки индикатора достижения компетенции
<i>ОПК-1 Способен решать инженерные задачи в профессиональной деятельности с использованием методов естественных наук, математического анализа и моделирования</i>		
ОПК-1.2.1. <b>Умеет</b> решать инженерные задачи в профессиональной деятельности с использованием методов естественных наук.	<p><i>Обучающийся умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– определять внутренние силовые факторы при различных видах деформаций элементов строительных конструкций и строить их эпюры;</li> <li>– проводить расчеты на прочность, жесткость и устойчивость простейших стержневых систем для проектирования строительных конструкций, при различных видах деформации при действии статических и динамических сил, подбирать оптимальные размеры и формы поперечных сечений стержней.</li> <li>– проводить анализ напряженно – деформированного состояния строительных конструкций в точке тела, применять критерии прочности и пластичности.</li> </ul>	<p>Итоговые семестровые тесты №1, №2. Вопросы к экзамену № 1 – 45, 86 – 133 (модуль 1), 1-51 (модуль 2) РГР № 1, 2, 3, 4, 5</p> <p>РГР № 1, 2, 3, 4, 5, 6. Вопросы к экзамену № 22 – 45, 74, 86 – 133 (модуль 1), 1-107 (модуль 2) Итоговый семестровый тест №1, №2.</p> <p>Вопросы к экзамену № 60 – 85 (модуль 1); 1 – 4, 9 – 14, 18 – 22, 27,28 (модуль 2) РГР № 2, Итоговый семестровый тест №1.</p>

Индикатор достижения компетенции	Планируемые результаты обучения	Материалы, необходимые для оценки индикатора достижения компетенции
ОПК-1.3.1. Владеет навыками решения инженерных задач в профессиональной деятельности.	<i>Обучающийся владеет навыками:</i> экспериментально определять, упругие постоянные материала, механические характеристики прочности и пластичности, твердость материала, напряжения и деформации в элементах строительных конструкций, критическую силу.	Тесты по лабораторным работам ТЛ 1, 2, 3, 4, 5, 6. Итоговые семестровые тесты №1, 2. Вопросы к экзамену № 46 – 59 (модуль 1), № 61, 89 (модуль 2).

Т а б л и ц а 2.2

Для заочной формы обучения кроме специализации «Строительство дорог промышленного транспорта»

Индикатор достижения компетенции	Планируемые результаты обучения	Материалы, необходимые для оценки индикатора достижения компетенции
<i>ОПК-1 Способен решать инженерные задачи в профессиональной деятельности с использованием методов естественных наук, математического анализа и моделирования</i>		
ОПК-1.2.1. Умеет решать инженерные задачи в профессиональной деятельности с использованием методов естественных наук.	<i>Обучающийся умеет:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>– определять внутренние силовые факторы при различных видах деформаций элементов строительных конструкций и строить их эпюры;</li> <li>– проводить расчеты на прочность, жесткость и устойчивость простейших стержневых систем для проектирования строительных конструкций, при различных видах деформации при действии статических и динамических сил, подбирать оптимальные размеры и формы поперечных сечений стержней.</li> <li>– проводить анализ напряженно – деформированного состояния строительных конструкций в точке тела, применять критерии прочности и пластичности.</li> </ul>	Вопросы к экзамену № 1 – 45, 86 – 133 (модуль 1), 1-51 (модуль 2). Итоговые семестровые тесты №1, 2. Контрольные работы №1, 2, 3, 4.  Вопросы к экзамену № 22 – 45, 74, 86 – 133 (модуль 1), 1-107 (модуль 2) Итоговые семестровые тесты №1, 2. Контрольные работы №1, 2, 3, 4. РГР №1, 2.  Вопросы к экзамену № 60 – 85 (модуль 1); 1 – 4, 9 – 14, 18 – 22, 27,28 (модуль 2)

Индикатор достижения компетенции	Планируемые результаты обучения	Материалы, необходимые для оценки индикатора достижения компетенции
ОПК-1.3.1. Владеет навыками решения инженерных задач в профессиональной деятельности.	Обучающийся владеет навыками: – экспериментально определять, упругие постоянные материала, механические характеристики прочности и пластичности, твердость материала, напряжения и деформации в элементах строительных конструкций, критическую силу.	Вопросы к экзамену № 46 – 59 (модуль 1), № 61, 89 (модуль 2). Итоговый семестровый тест №1.

### Материалы для текущего контроля

Для проведения текущего контроля по дисциплине обучающийся должен выполнить следующие задания.

#### Перечень и содержание расчетно-графических работ

##### **Очная форма обучения, модуль 1**

**1. РГР №1** «Расчет на прочность стержней и стержневых систем, работающих в условиях осевой деформации» (РГР 1 содержит задачи 1.1 и 1.2 или 1.3 и 1.2.)

**1.1.** Расчет статически определимого стержня со ступенчатым изменением площади по участкам.

Прямоосный ступенчатый стержень нагружен осевыми силами  $F_i$ , равномерно распределенными нагрузками  $q_i$  и собственным весом.

Требуется:

1. Сделать схематический чертеж стержня по заданным размерам, соблюдая масштаб.
2. Построить эпюры продольной силы и нормального напряжения.
3. Найти перемещение заданного сечения и определить полное изменение длины стержня.

**1.2.** Расчет статически определимой шарнирно-стержневой системы.

Статически определимая шарнирно-стержневая система нагружена силой  $F$  и равномерно распределенной нагрузкой  $q$ .

Требуется:

1. Выполнить чертеж конструкции по заданным размерам.
2. Определить величину продольной силы в каждом стержне.
3. Определить размеры поперечных сечений заданной формы.
4. Вычислить удлинение каждого стержня и перемещение заданной точки.

**1.3.** Расчет статически определимого ступенчатого стержня

Бетонный стержень (стойка, колонна), выполненный в виде ступенчатого стержня, находится под действием собственного веса и сосредоточенных сил, заданных параметром  $F$ .

1. Направить вдоль стержня ось  $z$ . Изобразить схему стержня, соблюдая масштаб по длине.
2. Вычислить интенсивность осевой распределенной нагрузки  $q_z$  для каждого участка стержня и принять значение параметра  $F$  равным весу стержня.
3. Определить реакцию опоры. Указать на схеме стержня положение и величину нагрузок.
4. Получить выражения нормальной силы  $N$  на участках стержня и вычислить значения  $N$  на границах участков. Построить эпюру  $N$ . Проверить правильность построения эпюры  $N$ .
5. Построить график изменения нормальных напряжений  $\sigma_z$  по длине стержня. Выполнить проверку прочности.

6. Определить **грузоподъемность** стержня  $[F]$  (допустимое значение параметра  $F$ ). Построить эпюру нормальной силы при  $F = [F]$ .
7. Определить изменения длин участков стержня и построить график (эпюру) перемещений при  $F = [F]$ . Вычислить наибольшее по модулю относительное удлинение  $\varepsilon_z$ .

**2. РГР №2 «Геометрические характеристики плоских фигур. Плоский поперечный изгиб»**

**2.1.** Определение геометрических характеристик плоской фигуры.

Для плоской фигуры заданной формы и размеров требуется:

1. Вычертить в масштабе фигуру и показать все размеры.
2. Определить положение центра тяжести.
3. Определить положение главных центральных осей инерции, вычислить главные моменты инерции, радиусы инерции и моменты сопротивления.

**2.2.** Подбор поперечного сечения балки при плоском изгибе.

Статически определимая балка нагружена равномерно распределенной нагрузкой, сосредоточенными силами и моментами.

Требуется:

1. Вычертить схему балки и указать числовые значения размеров и нагрузок.
2. Построить эпюры изгибающего момента и поперечной силы.
3. Подобрать поперечное сечение балки заданной формы.

**2.3.** Определение несущей способности и проверка прочности балок.

Для статически определимой балки с заданным типом поперечного сечения требуется:

1. Вычертить схему балки и указать числовые значения размеров и нагрузок.
2. Построить эпюры поперечной силы и изгибающего момента.
3. Определить величину допускаемой нагрузки.
4. Построить эпюры распределения нормальных и касательных напряжений по высоте опасного сечения балки.
5. Проверить прочность балки по классическим теориям прочности.

**3. РГР №3 «Определение перемещений при изгибе. Кручение»**  
(РГР 3 содержит задачи 3.1 и 3.2 или 3.3 и 3.2.)

**3.1.** Определение прогибов и углов поворотов в балках с использованием приближенного дифференциального уравнения изогнутой оси балки.

Статически определимая балка заданной изгибной жесткости нагружена равномерно распределенной нагрузкой, сосредоточенными силами и моментами.

Требуется:

1. Вычертить схему балки и указать числовые значения размеров и нагрузок.
2. Построить эпюры поперечной силы и изгибающего момента.
3. Составить уравнения изогнутой оси и углов поворота и определить величину прогиба и угла поворота заданного сечения.

**3.2.** Кручение валов кругового сечения.

Для нагруженного крутящими моментами вала требуется:

1. Вычертить схему вала и указать числовые значения размеров и заданных моментов.
2. Из условия равновесия найти недостающий момент.
3. Построить эпюру крутящего момента.
4. Подобрать диаметр сплошного вала кругового сечения по условиям прочности и жесткости.
5. Подобрать диаметр полого вала по условиям прочности и жесткости при заданном отношении внутреннего диаметра к внешнему.
6. Вычислить в процентах величину экономии материала для полого вала.
7. Построить эпюру углов закручивания, приняв в качестве неподвижного левое крайнее сечение.

**3.3.** Составная балка закреплена от смещения в плоскости минимально необходимым количеством связей. Поперечное сечение имеет заданную форму.

1. Подобрать сечение балки на основании условия прочности и проверить выполнение условия жесткости.
2. Построить эпюры изгибающего момента и поперечной силы. Построить график функции прогибов.

### **Очная форма обучения, модуль 2.**

#### **4. РГР №4 «Сложное сопротивление»**

(РГР 4 содержит задачи 4.1, 4.2, 4.3 или задачи 4.4, 4.5, или задачи 4.4, 4.6.)

##### **4.1. Подбор поперечного сечения балки при косом изгибе.**

Для статически определимой балки заданного типа поперечного сечения от нагрузки, действующей в плоскости, отклоненной от вертикали на угол  $\alpha$ , требуется:

1. Вычертить схему балки и указать числовые значения размеров и нагрузок.
2. Построить эпюру изгибающих моментов в плоскости действия сил.
3. Определить размеры поперечного сечения и вычертить сечение в масштабе.
4. Определить положение нейтральной оси.
5. В опасном сечении построить эпюру нормальных напряжений.

##### **4.2. Определение грузоподъемности внецентренно сжатых или растянутых стержней большой изгибной жесткости.**

На стержень заданного поперечного сечения действует внецентренно приложенная сила.

Требуется:

1. Вычертить сечение стержня, показав положение главных центральных осей инерции.
2. Определить положение нейтральной линии и показать ее на схеме сечения.
3. Определить положение опасных точек сечения.
4. Определить величину допускаемой нагрузки.
5. Построить эпюру нормального напряжения.

##### **4.3. Совместное действие изгиба и осевого растяжения-сжатия.**

Требуется:

1. Вычертить схему стержня и указать числовые значения размеров и нагрузок.
2. Построить эпюры продольной и поперечной сил, изгибающего момента.
3. Вычислить в опасном сечении наибольшие растягивающие и наибольшие сжимающие нормальные напряжения и построить эпюру нормальных напряжений.
4. Проверить прочность по допускаемым нормальным напряжениям.

##### **4.4. Для балки заданного сечения определить величину допускаемой нагрузки (параметр $q$ ), действующей в вертикальной плоскости:**

1. Определить положение главных центральных осей инерции сечения и связать с ними систему координат. Вычислить геометрические характеристики сечения.
2. Разложить нагрузки на составляющие в полученной системе координат и сделать заключение о названии соответствующего типа загрузки стержня.
3. Построить эпюры усилий, выразив ординаты через параметр  $q$ , и определить опасное сечение балки.
4. Получить выражение наибольшего по абсолютной величине напряжения и из условия прочности определить допустимое значение параметра  $q$ .
5. Определить положение нейтральной оси и построить эпюру напряжений для опасного сечения.
6. Вычислить полное перемещение центра тяжести опасного сечения. Вычертить в масштабе схему балки и указать числовые значения размеров и нагрузок.

##### **4.5. Для стержня заданного сечения определить величину допускаемой растягивающей (или сжимающей) силы $F$ , приложенной в точке $A$ :**

1. Указать положение главных центральных осей инерции сечения и связать с ними систему координат. Вычислить геометрические характеристики сечения.
2. Получить выражение наибольшего по абсолютной величине напряжения через параметр  $F$  и из условия прочности определить грузоподъемность.
3. Определить положение нейтральной оси и построить эпюру напряжений в сечении стержня.

#### **4.6. Совместное действие изгиба и осевого растяжения-сжатия.**

Колонна несет нагрузку от веса крыши здания и внецентренную нагрузку от мостового крана. Считая, что швеллеры, составляющие колонну, жестко соединены между собой, определить допускаемую нагрузку от мостового крана и построить эпюру нормальных напряжений в поперечном сечении колонны при найденном значении силы.

или

Из условия прочности алюминиевой рамы определить допустимую силу обжатия, создаваемого бытовой струбциной. Определить положение нейтральной оси и построить эпюру напряжений

или

При сверлении детали на шпиндель  $A$  передается осевое давление 60 кН.

Подобрать сечение стальной стойки из расчета, что нормальные напряжения, вызванные указанной нагрузкой, не должны превышать 120 МПа. Определить положение нейтральной оси и построить эпюру напряжений.

### **5. РГР №5. «Метод Мора. Расчет один раз статически неопределимой балки методом сил» (РГР 5 содержит задачи 5.1, 5.2, 5.3 или две задачи 5.4.)**

#### **5.1. Определение перемещений при плоском поперечном изгибе балки методом Мора.**

Статически определимая балка заданной изгибной жесткости нагружена равномерно распределенной нагрузкой, сосредоточенными силами и моментами.

Требуется:

1. Вычертить схему балки и указать числовые значения размеров и нагрузок.
2. Построить эпюры изгибающего момента и поперечной силы от заданной нагрузки.
3. Определить прогиб и угол поворота заданного сечения, используя графоаналитические приемы вычисления интеграла Мора (прием Верещагина, формулы трапеций и Симпсона).

#### **5.2. Определение перемещений точек статически определимой рамы методом Мора.**

Статически определимая рама заданной изгибной жесткости нагружена равномерно распределенной нагрузкой, сосредоточенными силами и моментами.

Требуется:

1. Вычертить схему рамы и указать числовые значения размеров и нагрузок.
2. Построить эпюры изгибающего момента, нормальной и поперечной силы от заданной нагрузки.
3. Определить прогиб и угол поворота заданного сечения, используя графоаналитические приемы вычисления интеграла Мора (прием Верещагина, формулы трапеций и Симпсона).

#### **5.3. Метод сил. Расчет один раз статически неопределимой балки на прочность по допускаемым напряжениям.**

Для заданной схемы балки требуется:

1. Вычертить схему балки и указать числовые значения размеров и нагрузок.
2. Раскрыть статическую неопределимость задачи с помощью метода сил.
3. Построить эпюры изгибающего момента и поперечной силы.
4. Определить опорные реакции.
5. Сделать деформационную и статическую проверки.
6. Подобрать поперечное сечение балки в виде двутавра.



#### 5.4. Метод сил. Расчет один раз статически неопределимой балки

Для заданных статически неопределимых балок (схемы 1 и 2) построить эпюры изгибающих моментов и поперечных сил, определить усилия в опорных связях и подобрать двутавровое сечения.

Для раскрытия статической неопределимости использовать метод сил:

- определить степень статической неопределимости;
- выбрать основную систему (ОСМС), приняв в качестве лишней неизвестной для одной из схем - момент в опорном сечении балки, а для другой - опорную реакцию;
- записать каноническое уравнение метода сил;
- коэффициенты и свободные члены уравнений (перемещения по направлению отброшенных связей в ОСМС) определять по способу Мора с использованием формул численного интегрирования;
- после определения величины лишней неизвестной построить эпюру моментов в заданной системе, суммируя эпюры  $M_P$  и  $M_1 \cdot X_1$ , и осуществить деформационную проверку;
- построить эпюру поперечной силы, рассматривая равновесие участков балки под действием приложенной в пределах участка нагрузки и изгибающих моментов в сечениях на границе участков;
- усилия во внешних связях вычислить как скачки в эпюрах моментов и поперечных сил.

**6. РГР №6. «Устойчивость центрально сжатых стержней. Расчет стержня на ударное воздействие при изгибе»** (РГР 6 содержит задачи 6.1, 6.2 или задачи 6.3, 6.4.)

##### 6.1. Определение несущей способности центрально-сжатого стержня.

Для заданной схемы сжатого стержня и поперечного сечения требуется:

1. Определить величину критической силы
2. Определить величину допускаемой нагрузки.
3. Найти коэффициент запаса устойчивости.

##### 6.2. Подбор поперечного сечения центрально-сжатого стержня.

Для заданной схемы сжатого стержня и типа поперечного сечения требуется:

1. Подобрать поперечное сечение сжатого стержня методом последовательных приближений.
2. Найти критическую силу.
3. Определить коэффициент запаса устойчивости.

##### 6.3. Определение несущей способности центрально-сжатого стержня. Подбор сечения.

I. Для стержня заданного сечения требуется:

1. Вычислить величины главных центральных моментов инерции сечения.
2. Определить наибольшую гибкость стержня  $\lambda$  и найти величину коэффициента уменьшения основного допускаемого напряжения  $\varphi$ .
3. Вычислить величины критической силы и допускаемой нагрузки для стержня из условия устойчивости его прямолинейной формы равновесия.

Определить коэффициент запаса.

II. Подобрать рациональное сечение из заданных элементов, для чего:

1. Исследовать, какое расположение заданных элементов сечения с точки зрения устойчивости стержня было бы рациональным, рассмотрев несколько вариантов компоновки элементов.
2. Подобрать сечение запроектированной формы той же грузоподъемности методом последовательных приближений на основании условия устойчивости.

III. Определить экономию материала (в процентах) от изменения формы сечения.

##### 6.4. Расчет стержня на ударное воздействие при изгибе

Груз массой  $m$  падает с высоты  $h$  на балку заданного сечения.

1. Определить максимальные динамические напряжения, возникающие в балке.

2. Вычислить динамический прогиб сечения В и угол поворота сечения С .

**Заочная форма обучения** (кроме специализации «Строительство дорог промышленного транспорта, модуль 1.

**РГР №1** «Простые виды деформации» ( РГР №1 содержит задачу 1.1 или задачу 1.2)

**Задача 1.1** - Подбор сечения статически определимой балки при плоском изгибе и проверка прочности по касательным напряжениям.

Статически определимая балка нагружена равномерно распределенной нагрузкой  $q$  и/или сосредоточенными силами  $F_i$  и/или моментами  $M_j$ .

Требуется:

1. Построить эпюры изгибающего момента и поперечной силы.
2. Подобрать поперечное сечение балки в виде двутавра.
3. Проверить прочность балки по касательным напряжениям.

**Задача 1.2** - Подбор сечения прямоосного ступенчатого стержня при осевой деформации.

Прямоосный ступенчатый стержень нагружен осевыми силами  $F_i$  и/или равномерно распределенной нагрузкой  $q$ .

Требуется:

1. Построить эпюру продольной силы.
2. Подобрать площадь поперечного сечения каждого участка стержня.
3. Вычислить перемещение заданной точки оси стержня.

**Заочная форма обучения** (кроме специализации «Строительство дорог промышленного транспорта»), **модуль 2.**

**РГР №2.** Расчет один раз статически неопределимой балки на прочность по допускаемым напряжениям.

Для заданной схемы балки требуется:

1. Раскрыть статическую неопределимость задачи с помощью метода сил.
2. Построить эпюры изгибающего момента и поперечной силы.
3. Сделать деформационную и статическую проверки.
4. Подобрать поперечное сечение балки в виде двутавра.

Задания для расчетно-графических работ представлены в электронной информационно-образовательной среде ПГУПС ([sdo.pgups.ru](http://sdo.pgups.ru)) в разделе «Самостоятельная работа».

### Перечень и содержание контрольных работ

(для заочной формы обучения, кроме специализации «Строительство дорог промышленного транспорта»)

#### *Модуль I*

#### **1. Контрольная работа № 1.**

**1.1.** Расчет статически определимого стержня со ступенчатым изменением площади по участкам.

Прямоосный ступенчатый стержень нагружен осевыми силами  $F_i$ , равномерно распределенными нагрузками  $q_i$  и собственным весом.

Требуется:

1. Сделать схематический чертеж стержня по заданным размерам, соблюдая масштаб.
2. Найти функцию, определяющую изменение величины продольной силы  $N$  по длине стержня, и построить эпюру этой силы.
3. Построить эпюру изменения напряжения по длине стержня.
4. Найти перемещение заданного сечения и определить полное изменение длины стержня.

**1.2.** Подбор поперечного сечения стержней статически определимой шарнирно-стержневой системы.

Статически определимая шарнирно-стержневая система нагружена силой  $F$  и равномерно распределенной нагрузкой  $q$ .

Требуется:

1. Выполнить чертеж конструкции по заданным размерам.
2. Определить величину продольной силы в каждом стержне.
3. Определить размеры поперечных сечений заданной формы.
4. Вычислить удлинение каждого стержня.

## **2. Контрольная работа № 2.**

**2.1.** Подбор поперечного сечения балки при плоском изгибе.

Статически определимая балка нагружена равномерно распределенной нагрузкой, сосредоточенными силами и моментами.

Требуется:

1. Вычертить схему балки и указать числовые значения размеров и нагрузок.
2. Построить эпюры изгибающего момента и поперечной силы.
3. Подобрать поперечное сечение балки заданной формы.

**2.2.** Кручение валов кругового сечения.

Для нагруженного крутящими моментами вала требуется:

1. Вычертить схему вала и указать числовые значения размеров и заданных моментов.
2. Из условия равновесия найти недостающий момент.
3. Построить эпюру крутящего момента.
4. Подобрать диаметр сплошного вала кругового сечения по условиям прочности и жесткости.
5. Подобрать диаметр полого вала по условиям прочности и жесткости при заданном отношении внутреннего диаметра к внешнему.
6. Вычислить в процентах величину экономии материала для полого вала.
7. Построить эпюру углов закручивания, приняв в качестве неподвижного левое крайнее сечение.

## *Модуль 2*

## **3. Контрольная работа № 3.**

**3.1.** Подбор поперечного сечения балки при косом изгибе.

Для статически определимой балки заданного типа поперечного сечения от нагрузки, действующей в плоскости, отклоненной от вертикали на угол  $\alpha$ , требуется:

1. Вычертить схему балки и указать числовые значения размеров и нагрузок.
2. Построить эпюру изгибающих моментов в плоскости действия сил.
3. Определить размеры поперечного сечения и вычертить сечение в масштабе.
4. Определить положение нейтральной оси.
5. В опасном сечении построить эпюру нормальных напряжений.

**3.2.** Определение грузоподъемности внецентренно сжатых или растянутых стержней большой изгибной жесткости.

На стержень заданного поперечного сечения действует внецентренно приложенная сила.

Требуется:

1. Вычертить сечение стержня, показав положение главных центральных осей инерции.
2. Определить положение нейтральной линии и показать ее на схеме сечения.
3. Определить положение опасных точек сечения.
4. Определить величину допускаемой нагрузки.
5. Построить эпюру нормального напряжения

**3.3.** Определение несущей способности центрально-сжатого стержня.

Для заданной схемы сжатого стержня и поперечного сечения требуется:

1. Определить величину критической силы
2. Определить величину допускаемой нагрузки.
3. Найти коэффициент запаса устойчивости.
4. **Контрольная работа № 4.**
- 4.1. Определение перемещений при плоском поперечном изгибе балки методом Мора.  
Статически определимая балка заданной изгибной жесткости нагружена равномерно распределенной нагрузкой, сосредоточенными силами и моментами.  
Требуется:
  1. Вычертить схему балки и указать числовые значения размеров и нагрузок.
  2. Построить эпюры изгибающего момента и поперечной силы от заданной нагрузки. Определить прогиб и угол поворота заданного сечения, используя графоаналитические приемы вычисления интеграла Мора (прием Верещагина, формулы трапеций и Симпсона).
- 4.2. Метод сил. Расчет один раз статически неопределимой балки на прочность по допускаемым напряжениям.  
Для заданной схемы балки требуется:
  1. Вычертить схему балки и указать числовые значения размеров и нагрузок.
  2. Раскрыть статическую неопределимость задачи с помощью метода сил.
  3. Построить эпюры изгибающего момента и поперечной силы.
  4. Определить опорные реакции.
  5. Сделать деформационную и статическую проверки.
  6. Подобрать поперечное сечение балки в виде двутавра.

Задания для контрольных работ представлены в электронной информационно-образовательной среде ПГУПС ([sdo.pgups.ru](http://sdo.pgups.ru)) в разделе «Текущий контроль».

### Перечень тестовых заданий

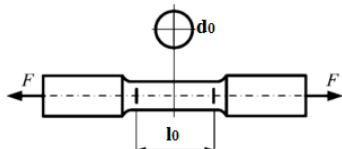
#### **Очная форма обучения, модуль 1.**

#### Тесты по лабораторным работам:

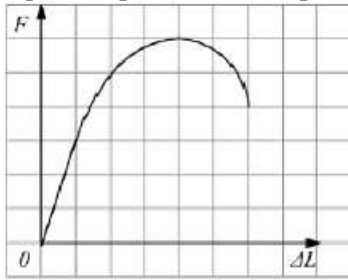
#### **ТЛ 1. «Осевая деформация»**

#### Примеры тестовых заданий:

Вопросы:	Варианты ответов
1. Продемонстрируйте навыки определения механических характеристик пластичности материала. При испытании на растяжение цилиндрического образца (начальный диаметр $d_0 = 10$ мм, длина расчетной части до разрыва $l_0 = 100$ мм) длина расчетной части после разрыва составила 125 мм. Относительное остаточное удлинение образца $\delta$ равно ... %.	Введите ответ в процентах.
2. Продемонстрируйте навыки определения механических характеристик пластичности материала. При испытании на растяжение цилиндрического образца (начальный диаметр $d_0 = 6$ мм, длина расчетной части до разрыва $l_0 = 100$ мм) относительное остаточное удлинение образца $\delta$ составило 20 %. Длина расчетной части после разрыва составила ...	Введите ответ в мм

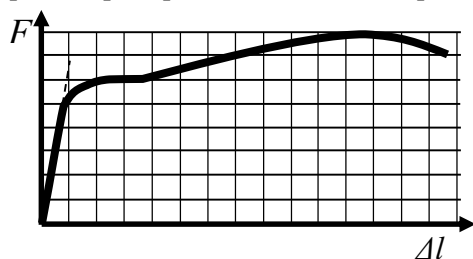


3. Проявите навыки экспериментального определения механических характеристик прочности. Цилиндрический образец диаметром  $d = 10$  мм испытывают на растяжение. Диаграмма растяжения показана на рисунке. Масштаб нагрузки – 0,008 МН. Предел прочности материала равен ... МПа.



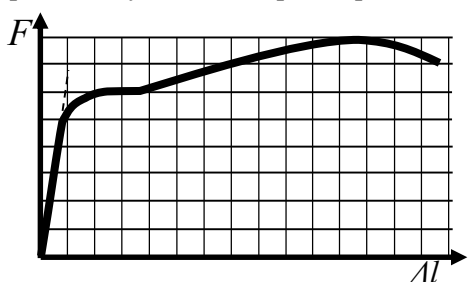
Введите ответ в МПа

4. Проявите навыки экспериментального определения механических характеристик прочности. Цилиндрический образец диаметром  $d = 10$  мм испытывают на растяжение. Диаграмма растяжения показана на рисунке. Масштаб нагрузки – 0,003 МН. Предел пропорциональности материала равен ... МПа.



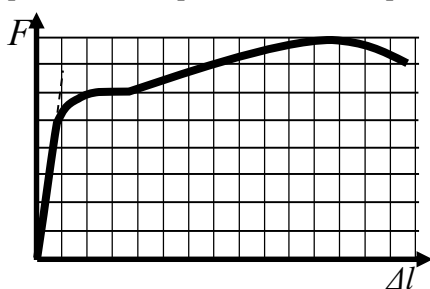
Введите ответ в МПа

5. Проявите навыки экспериментального определения механических характеристик прочности. Цилиндрический образец диаметром  $d = 10$  мм испытывают на растяжение. Диаграмма растяжения показана на рисунке. Масштаб нагрузки – 0,003 МН. Предел текучести материала равен ... МПа.

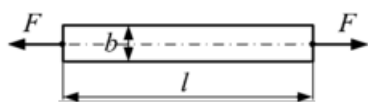
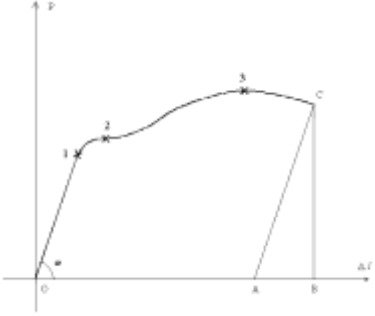
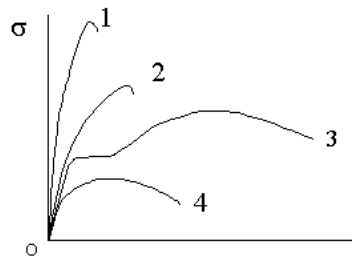
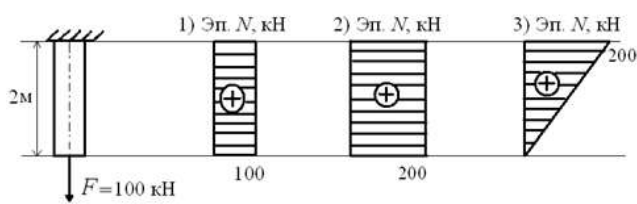


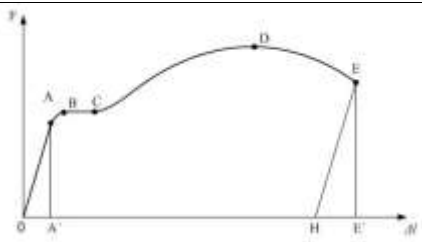
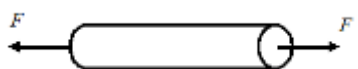
Введите ответ в МПа

6. Проявите навыки экспериментального определения механических характеристик прочности. Цилиндрический образец диаметром  $d = 10$  мм испытывают на растяжение. Диаграмма растяжения показана на рисунке. Масштаб нагрузки – 0,003 МН. Временное сопротивление материала равно ... МПа.



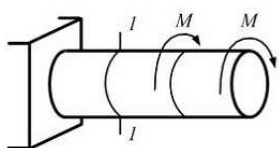
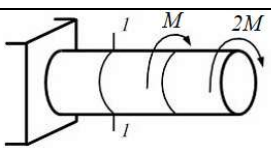
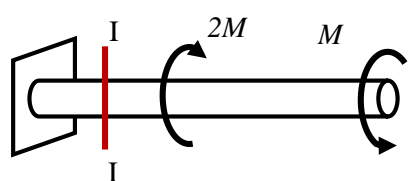
Введите ответ в МПа

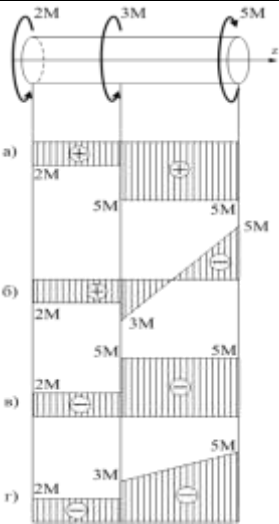

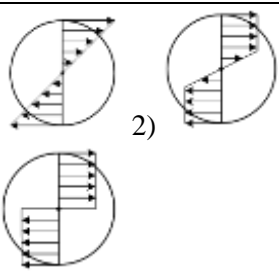
<p>7. Продемонстрируйте навыки экспериментального определения упругих постоянных материала при осевой деформации. Образец растягивается силами <math>F</math>.</p>  <p>Размеры образца до испытаний: <math>l = 100</math> мм, <math>b = 20</math> мм. После приложения силы длина образца увеличилась на 0,02 мм, а поперечный размер уменьшился на 0,001 мм. Коэффициент Пуассона материала равен ... Выберите один вариант ответа на вопрос.</p>	<p>1). 0,2 2). 0,5 3). 0,25 4). 0,3</p>	
<p>8. Укажите точку на диаграмме, соответствующую пределу пропорциональности</p>		<p>1 2 3 C A B</p>
<p>9. Укажите номер диаграммы, соответствующей материалу с наибольшими прочностными характеристиками</p>		<p>1 2 3 4</p>
<p>10. Какие из представленных величин являются прочностными характеристиками материала?</p>	<p>1) Модуль Юнга 2) Относительное остаточное сужение 3) Коэффициент Пуассона 4) Временное сопротивление 5) Предел пропорциональности 6) Относительное остаточное удлинение 7) Предел текучести</p>	
<p>11. Какие величины являются упругими постоянными материала?</p>	<p>1) Модуль Юнга 2) Коэффициент Пуассона 3) Временное сопротивление 4) Предел пропорциональности 5) Предел текучести</p>	
<p>12. Какая из представленных на рисунке эпюр продольной силы построена верно?</p> 	<p>Эпюра 1 Эпюра 2 Эпюра 3</p>	

13. Напряжение, соответствующее наибольшей нагрузке, предшествующей разрушению образца - это ...		1) предел текучести 2) предел пропорциональности 3) предел упругости 4) временное сопротивление
14. Какой участок на кривой диаграммы соответствует площадке текучести?		1) OA 2) AB 3) BC 4) CD 5) DE
15. При растяжении стального стержня силами $F$ была измерена продольная деформация $\varepsilon = 5 \cdot 10^{-4}$ . После снятия нагрузки деформация обратилась в ноль. Нормальное напряжение в поперечном сечении стержня равнялось ... МПа. Модуль упругости $E = 2 \cdot 10^5$ МПа.		1 10 20 100 50

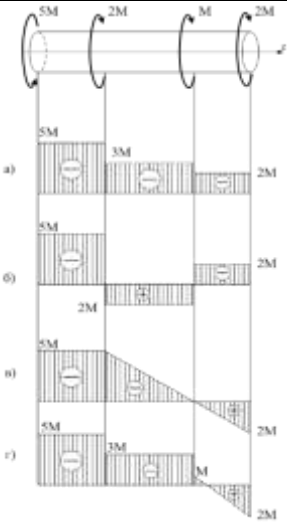
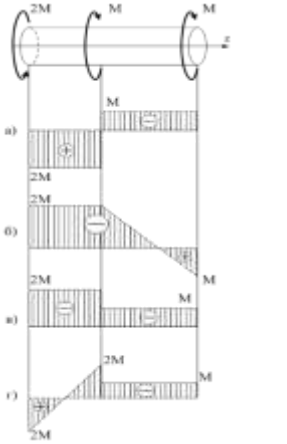
## ТЛ 2. «Кручение и сдвиг»

### Примеры тестовых заданий:

Вопросы:		Варианты ответов
1. Продемонстрируйте умение определять внутренние усилия в элементах строительных конструкций. Вал, представленный на рисунке, загружен двумя моментами $M = 40$ кНм. Крутящий момент в сечении 1 – 1 по абсолютному значению равен ... кНм		Введите ответ
2. Продемонстрируйте умение определять внутренние усилия в элементах строительных конструкций. Вал, представленный на рисунке, загружен двумя моментами $M = 20$ кНм. Крутящий момент в сечении 1 – 1 по абсолютному значению равен ... кНм		Введите ответ.
3. Продемонстрируйте умение определять внутренние усилия в элементах строительных конструкций. Вал, представленный на рисунке, загружен двумя моментами $M = 40$ кНм. Крутящий момент в сечении 1 – 1 по абсолютному значению равен ... кНм		Введите ответ.
4. Выполняется ли гипотеза плоских сечений при кручении вала прямоугольного сечения?		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Да</li> <li>• Нет</li> </ul>

<p>5. Продемонстрируйте умение строить эпюры внутренних усилий. На рисунке показан стержень, работающий на кручение. Эпюра крутящего момента имеет вид.</p>		<p>а) б) в) г)</p>
<p>6. Укажите размерность относительного сдвига</p>	<p>1) Паскаль 2) Безразмерная величина 3) Ньютон 4) Метр</p>	
<p>7. Какие напряжения возникают в поперечном сечении вала при кручении? Выберите один ответ:</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Нормальные</li> <li>• Касательные</li> <li>• Нет правильного ответа</li> </ul>	
<p>8. Характеристикой каких свойств материала является модуль сдвига?</p>	<p>1) Упругих 2) Упруго - пластических 3) Прочностных 4) Хрупких 5) Пластических</p>	
<p>9. Какие внутренние усилия отличны от нуля при кручении?</p> 	<p>1) <math>N</math> 2) <math>Q_y</math> 3) <math>Q_x</math> 4) <math>M_x</math> 5) <math>M_y</math> 6) <math>M_z</math></p>	
<p>10. При кручении распределение касательных напряжений в поперечных сечениях круглого вала в области упругих деформаций показано на схеме:</p>		

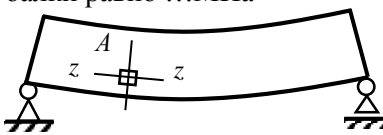
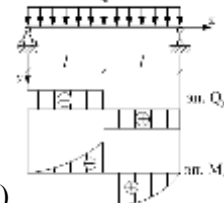
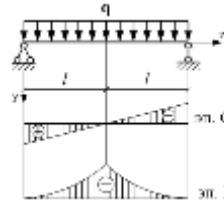
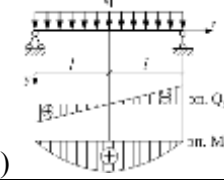
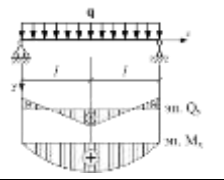



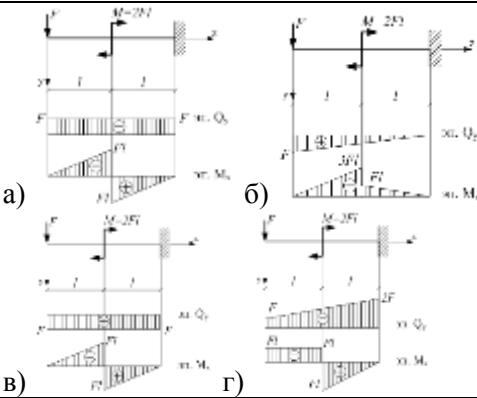
<p>11. На рисунке показан стержень, работающий на кручение. Эпюра крутящего момента имеет вид ...</p>		<p>а) б) в) г)</p>
<p>12. На рисунке показан стержень, работающий на кручение. Эпюра крутящего момента имеет вид ...</p>		<p>а) б) в) г)</p>
<p>13. Укажите размерность крутящего момента</p>	<p>1) Н/м 2) м 3) Н·м 4) Паскаль 5) Па</p>	
<p>14. Какова размерность жесткости при кручении?</p>	<p>1) Н/м 2) Н·м 3) Безразмерная величина 4) Н·м<sup>2</sup> 5) Па</p>	
<p>15. Что такое момент сопротивления при кручении? Выберите один ответ:</p>	<p>1) Отношение максимального крутящего момента к допускаемому касательному напряжению 2) Отношение полярного момента инерции к расстоянию от центра тяжести до наиболее удаленного волокна 3) Отношение полярного момента инерции к жесткости вала при кручении</p>	

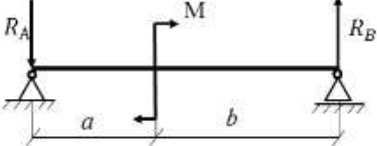
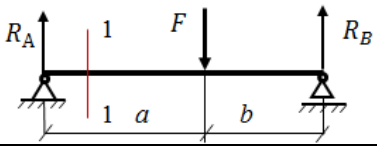
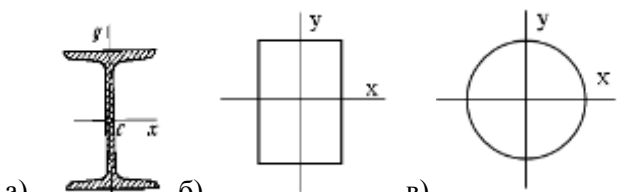
### ТЛ 3. «Плоский изгиб».

#### Примеры тестовых заданий:

Вопросы:	Варианты ответов
1. В продольной балке стального моста при проходе поезда было измерено около точки <i>A</i> при помощи тензодатчика относительное	Введите ответ в МПа.

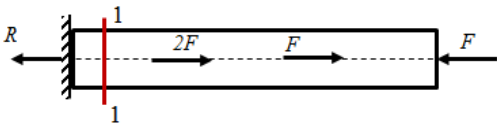
<p>удлинение в направлении оси <math>z-z</math> (параллельно оси балки) <math>\varepsilon_z = 0,0004</math>. Нормальное напряжение <math>\sigma_z</math> в точке <math>A</math> в направлении вдоль балки равно ...МПа</p>  <p>Модуль Юнга для стали <math>E = 2 \cdot 10^5</math> МПа.</p>	
<p>2. По какой формуле вычисляются нормальные напряжения при плоском изгибе?</p>	<p>1) <math>\sigma = \frac{N}{A}</math>    2) <math>\sigma = \frac{M_x}{I_x} y</math></p> <p>3) <math>\tau = \frac{M_z}{I_p} \rho</math>    4) <math>\tau = \frac{Q_y S_x^{omc}}{I_x b(y)}</math></p>
<p>3. Продемонстрируйте умение строить эпюры внутренних усилий. Для заданного вида нагружения балки укажите верный вариант эпюр поперечных сил и изгибающих моментов...</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>а)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>б)</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>в)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>г)</p> </div> </div>
<p>4. Какие внутренние усилия отличны от нуля при плоском поперечном изгибе в вертикальной плоскости?</p> 	<p>1) <math>N</math></p> <p>2) <math>Q_y</math></p> <p>3) <math>Q_x</math></p> <p>4) <math>M_x</math></p> <p>5) <math>M_y</math></p> <p>6) <math>M_z</math></p>
<p>5. В соответствии с гипотезой плоских сечений ...</p>	<p>1) В поперечных сечениях балки результат действия системы сил равен сумме результатов действий каждой силы в отдельности</p> <p>2) Поперечные сечения балки, плоские и перпендикулярные к оси стержня, остаются таковыми и после деформации</p> <p>3) Поперечные сечения балки, плоские до деформации, остаются таковыми и после деформации.</p>
<p>6. На каких гипотезах основан вывод формулы для определения нормальных напряжений при чистом изгибе?</p>	<p>1) гипотеза плоских сечений и гипотеза об отсутствии взаимного надавливания продольных слоев балки</p> <p>2) закон парности касательных напряжений</p>


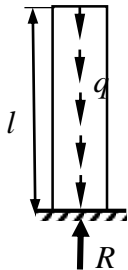
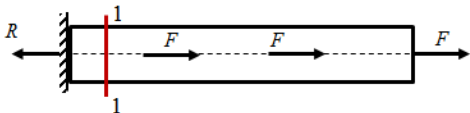
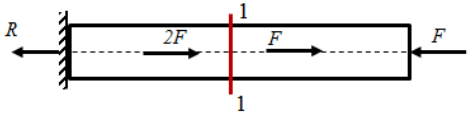
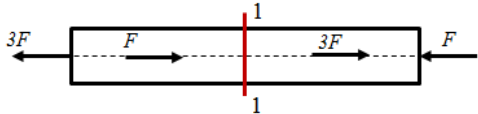
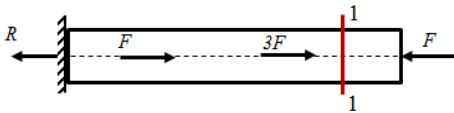
		<p>3) гипотеза наибольших касательных напряжений и гипотеза об удельной потенциальной энергии формоизменения</p> <p>4) гипотеза наибольших нормальных напряжений и гипотеза наибольших линейных деформаций</p>
<p>7. Продемонстрируйте умение строить эпюры внутренних усилий. Для заданного вида нагружения балки укажите верный вариант эпюр поперечных сил и изгибающих моментов.</p>	 <p>а) б) в) г)</p>	<p>а) б) в) г)</p>
<p>8. Эпюра поперечных сил на участке балки без равномерно распределенной нагрузки ...</p>		<p>1) имеет вид наклонной прямой</p> <p>2) имеет параболическое очертание</p> <p>3) имеет вид гиперболы</p> <p>4) очерчена горизонтальной прямой (в частности, может быть с нулевой ординатой)</p>
<p>9. Эпюра изгибающего момента на участке балки с равномерно распределенной нагрузкой</p>		<p>1) имеет вид наклонной прямой</p> <p>2) имеет параболическое очертание</p> <p>3) имеет вид гиперболы</p> <p>4) очерчена горизонтальной прямой (в частности, может быть с нулевой ординатой)</p>
<p>10. Укажите размерность статического момента сечения</p>		<p>1) м</p> <p>2) м<sup>2</sup></p> <p>3) м<sup>3</sup></p> <p>4) м<sup>4</sup></p>
<p>11. При плоском поперечном изгибе нормальные напряжения по ширине сечения балки...</p>		<p>1) распределяются равномерно</p> <p>2) распределяются по линейному закону, равны нулю на нейтральной линии и достигают максимума в точках, наиболее удаленных от нее</p> <p>3) равны нулю</p>

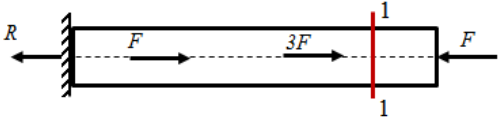
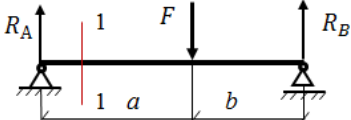
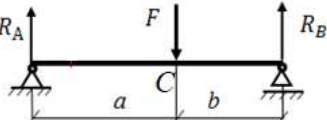
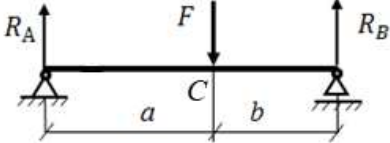
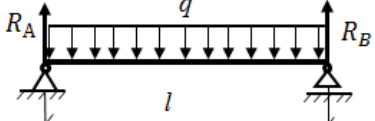
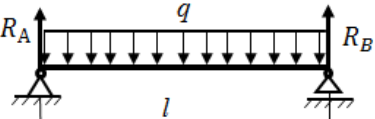
	4) распределяются по закону квадратной параболы, в самых верхних и нижних точках поперечного сечения равны нулю и достигают максимума на нейтральной линии
<p>12. Продемонстрируйте умение определять опорные реакции в закреплениях.</p> <p>Однопролетная балка нагружена моментом <math>M = 50 \text{ кНм}</math>, <math>a = 2 \text{ м}</math>, <math>b = 3 \text{ м}</math>. Реакция <math>R_A</math> равна ...</p> 	Введите ответ в кН.
<p>13. Продемонстрируйте умение определять внутренние усилия в элементах строительных конструкций. Расчетная схема главной балки мостового крана представлена в виде однопролетной балки, нагруженной силой <math>F = 60 \text{ кН}</math>, <math>a = 3 \text{ м}</math>, <math>b = 2 \text{ м}</math>.</p> <p>Поперечная сила в сечении 1 – 1 равна ...</p> 	Введите значение по модулю в кН.
14. По какой формуле находятся касательные напряжения при плоском поперечном изгибе?	<p>1) <math>\sigma = \frac{N}{A}</math>    2) <math>\sigma = \frac{M_x}{I_x} y</math></p> <p>3) <math>\tau = \frac{M_z}{I_p} \rho</math>    4) <math>\tau = \frac{Q_y S_x^{omc}}{I_x b(y)}</math></p>
<p>15. Сечение какого вида является более рациональным при изгибе?</p>  <p>а) двутавр    б) прямоугольник    в) круг</p>	а) б) в)

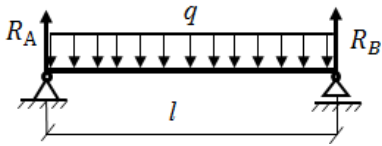
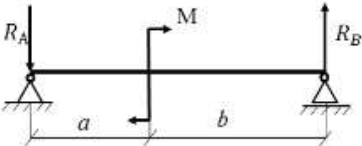
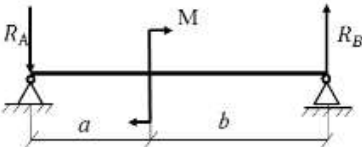
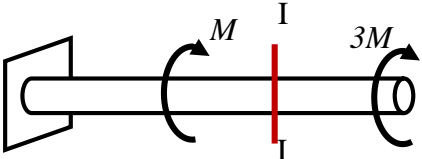
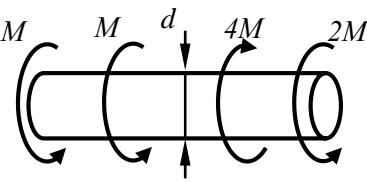
## Итоговый семестровый тест № 1.

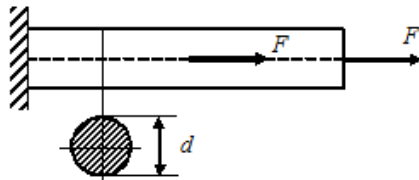
### Примеры тестовых заданий:

Вопросы:	Варианты ответов
<p>1. Продемонстрируйте умение определять внутренние усилия в элементах строительных конструкций, работающих на растяжение – сжатие. На рисунке показан стержень, нагруженный силами, направленными вдоль оси. <math>F = 10 \text{ кН}</math>. Значение продольной силы в сечении 1-1 равно ...</p> 	Введите ответ в кН.
2. Продемонстрируйте умение определять внутренние усилия в элементах строительных конструкций, работающих на	Введите ответ в кН.

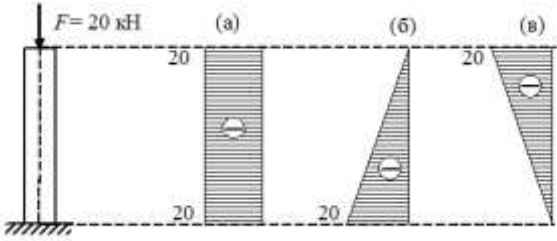
<p>растяжение – сжатие. На рисунке показан стержень, нагруженный силами, направленными вдоль оси. <math>F = 10</math> кН. Значение продольной силы в сечении 1-1 равно ...</p> 		
<p>3. Продемонстрируйте умение определять опорные реакции. Колонна нагружена собственным весом <math>q=20</math> кН/м, высота колонны <math>l = 2</math> м. Реакция в заделке равна ...</p>		<p>Введите значение <math>R</math> в кН.</p>
<p>4. Продемонстрируйте умение определять внутренние усилия в элементах строительных конструкций, работающих на растяжение – сжатие. На рисунке показан стержень, нагруженный силами, направленными вдоль оси. <math>F = 10</math> кН. Значение продольной силы в сечении 1-1 равно ...</p> 		<p>Введите ответ в кН.</p>
<p>5. Продемонстрируйте умение определять внутренние усилия в элементах строительных конструкций, работающих на растяжение – сжатие. На рисунке показан стержень, нагруженный силами, направленными вдоль оси. <math>F = 15</math> кН. Значение продольной силы в сечении 1-1 равно ...</p> 		<p>Введите ответ в кН.</p>
<p>6. Продемонстрируйте умение определять внутренние усилия в элементах строительных конструкций, работающих на растяжение – сжатие. На рисунке показан стержень, нагруженный силами, направленными вдоль оси. <math>F = 15</math> кН. Значение продольной силы в сечении 1-1 равно ...</p> 		<p>Введите ответ в кН.</p>
<p>7. Продемонстрируйте умение определять внутренние усилия в элементах строительных конструкций, работающих на растяжение – сжатие. На рисунке показан стержень, нагруженный силами, направленными вдоль оси. <math>F = 20</math> кН. Значение продольной силы в сечении 1-1 равно ...</p> 		<p>Введите ответ в кН.</p>
<p>8. Продемонстрируйте умение определять опорные реакции. На рисунке показан стержень, нагруженный силами, направленными вдоль оси. <math>F = 10</math> кН. Реакция <math>R</math> в заделке равна ...</p>		<p>Введите ответ в кН.</p>

	
<p>10. Продемонстрируйте умение определять внутренние усилия в элементах строительных конструкций. Расчетная схема главной балки мостового крана представлена в виде однопролетной балки, нагруженной силой <math>F = 60</math> кН, <math>a = 3</math> м, <math>b = 2</math> м. Поперечная сила в сечении 1 – 1 равна ...</p> 	<p>Введите значение по модулю в кН.</p>
<p>11. Продемонстрируйте умение определять внутренние усилия в элементах строительных конструкций. Расчетная схема главной балки мостового крана представлена в виде однопролетной балки, нагруженной силой <math>F = 60</math> кН, <math>a = 3</math> м, <math>b = 2</math> м. Изгибающий момент в сечении С равен ...</p> 	<p>Введите значение в кНм.</p>
<p>12. Продемонстрируйте умение определять внутренние усилия в элементах строительных конструкций. Расчетная схема главной балки мостового крана представлена в виде однопролетной балки, нагруженной силой <math>F = 40</math> кН, <math>a = 3</math> м, <math>b = 2</math> м. Изгибающий момент в сечении С равен ... кНм.</p> 	<p>Введите ответ в кНм</p>
<p>13. Продемонстрируйте умение определять опорные реакции в закреплениях. Шарнирно-опертая балка загружена равномерно распределенной нагрузкой <math>q = 10</math> кН/м, <math>l = 4</math> м. Реакция <math>R_A = \dots</math></p> 	<p>Введите ответ в кН.</p>
<p>14. Продемонстрируйте умение определять внутренние усилия в элементах строительных конструкций. Балка длиной <math>l = 4</math> м загружена равномерно распределенной нагрузкой <math>q = 10</math> кН/м. Значение максимального изгибающего момента равно ...</p> 	<p>Введите ответ в кНм.</p>
<p>15. Продемонстрируйте умение определять опорные реакции в закреплениях. Однопролетная балка нагружена равномерно распределенной нагрузкой <math>q = 16</math> кН/м, <math>l = 2</math> м. Реакция <math>R_B</math> равна ...</p>	<p>Введите ответ в кН.</p>

	
<p>16. Проявите умение определять опорные реакции в закреплениях. Однопролетная балка нагружена моментом <math>M = 50</math> кНм, <math>a = 2</math> м, <math>b = 3</math> м. Реакция <math>R_A</math> равна ...</p> 	Введите ответ в кН.
<p>17. Проявите умение определять опорные реакции в закреплениях. Однопролетная балка нагружена моментом <math>M = 60</math> кНм, <math>a = 2</math> м, <math>b = 3</math> м. Реакция <math>R_A</math> равна ...</p> 	Введите ответ в кН.
<p>18. Проявите умение определять внутренние усилия в элементах строительных конструкций. Вал, представленный на рисунке, загружен двумя моментами <math>M = 10</math> кНм. Крутящий момент в сечении 1 – 1 по абсолютному значению равен ... кНм.</p> 	Введите ответ в кНм.
<p>19. Проявите умение определять рациональные размеры поперечных сечений элементов конструкций. Из условия прочности, при заданном значении <math>[\tau]</math>, наименьший допускаемый диаметр вала равен <math>d = \dots</math> см</p>  <p>При решении принять <math>W_p = 0,2 d^3</math>, <math>M = 64</math> кНм, <math>[\tau] = 80</math> МПа.</p>	Введите ответ в см
<p>20. Опишите последовательность действий для определения внутренних усилий в стержне методом сечений.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>отбрасываем одну из его частей;</li> <li>уравновешиваем рассматриваемую часть стержня;</li> <li>заменяем действие отброшенной части на оставленную усилием;</li> <li>рассекаем стержень сечением, перпендикулярным оси;</li> </ol>	
<p>21. Опишите последовательность действий при расчете статически определимой системы на прочность.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Построить эпюры внутренних усилий.</li> <li>Вычислить (если это необходимо) опорные реакции.</li> <li>Найти внутренние усилия, возникающие в поперечных</li> </ol>	

<p>сечениях каждого участка конструкции от действия внешних нагрузок.</p> <p>d) Записать условие прочности, проверить его выполнение.</p> <p>e) Определить положение опасного сечения и опасных точек, где напряжения достигают наибольших по абсолютной величине значений.</p>		
<p>22. Продемонстрируйте умение определять рациональные размеры поперечных сечений элементов конструкций. На рисунке показан стержень, нагруженный осевыми силами. Минимально допустимый диаметр поперечного сечения, из расчета на прочность по допускаемым напряжениям, равен ... мм.</p> <p>Дано: <math>F = 0,025 \text{ МН}</math>, <math>[\sigma] = 160 \text{ МПа}</math></p> 	<p>Введите ответ в мм</p>	
<p>23. Продемонстрируйте умение проводить анализ напряженно-деформированного состояния в точке тела. В элементе мостовой конструкции возникает напряженное состояние, представленное на рисунке. Главные напряжения <math>\sigma_1</math>, <math>\sigma_2</math>, <math>\sigma_3</math> равны ...</p>		<p>Впишите ответы</p> <p><math>\sigma_1 =</math></p> <p><math>\sigma_2 =</math></p> <p><math>\sigma_3 =</math></p>
<p>24. Продемонстрируйте умение определять главные напряжения. В элементе конструкции возникает напряженное состояние, представленное на рисунке. Главные напряжения <math>\sigma_1</math>, <math>\sigma_2</math>, <math>\sigma_3</math> равны ...</p>		<p>Впишите ответы</p> <p><math>\sigma_1 =</math></p> <p><math>\sigma_2 =</math></p> <p><math>\sigma_3 =</math></p>
<p>25. Установите соответствие между понятиями:</p> <p>Напряжение, при котором происходит пластическая деформация при постоянной нагрузке.</p> <p>Напряжение, при превышении которого возникают остаточные деформации.</p> <p>Напряжение, соответствующее наибольшей нагрузке, предшествующей разрушению образца.</p> <p>Максимальное напряжение, при котором еще выполняется закон Гука.</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• предел пропорциональности</li><li>• предел текучести</li><li>• предел упругости</li><li>• временное сопротивление</li></ul>	
<p>26. Какие внешние силы называются поверхностными? Выберите один ответ:</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Изменения во взаимодействии между частицами тела, которые возникают в результате приложения внешней нагрузки</li><li>2. Силы, распределенные по объему тела и приложенные к каждой его частице</li><li>3. Силы, приложенные к участкам поверхности, характеризующие непосредственное</li></ol>	



	взаимодействие тела с окружающими объектами.
<p>27. Что такое момент сопротивления при кручении?</p> <p>Выберите один ответ:</p>	<p>1. Отношение полярного момента инерции к расстоянию от центра тяжести до наиболее удаленного волокна</p> <p>2. Отношение полярного момента инерции к жесткости вала при кручении</p> <p>3. Отношение максимального крутящего момента к допускаемому касательному напряжению</p>
<p>28. Какая из эпюр продольной силы построена верно?</p> 	<p>(a)</p> <p>(б)</p> <p>(в)</p>
<p>29. Деформации, которые не исчезают при разгрузке и остаются в материале, называют</p> <p>Выберите один ответ:</p>	<p>1. вязкие</p> <p>2. упругие</p> <p>3. пластические / остаточные</p>
<p>30. Жесткость вала при кручении ...</p> <p>Выберите один ответ:</p>	<p>1. <math>EA</math></p> <p>2. <math>GI_p</math></p> <p>3. <math>El_x</math></p>

## Очная форма обучения, модуль 2.

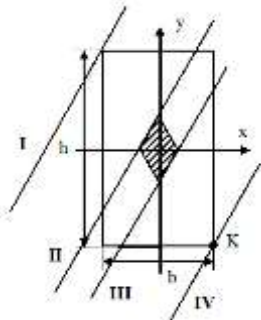
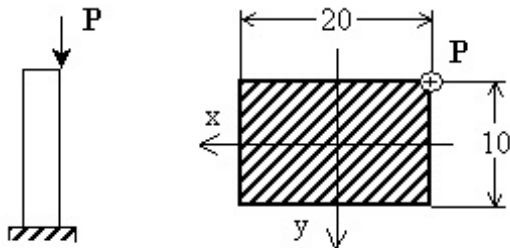
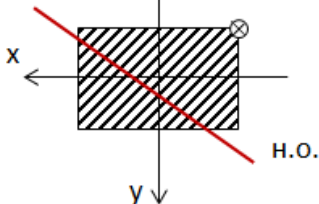
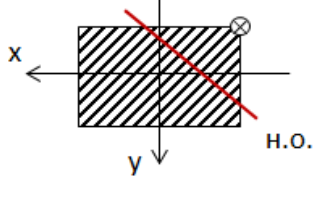
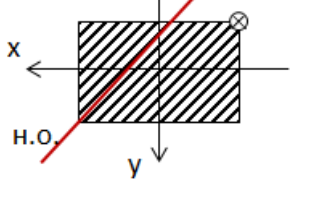
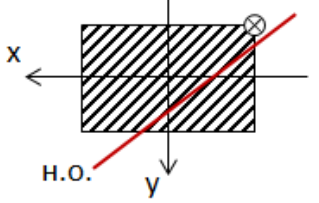
Тесты по лабораторным работам:

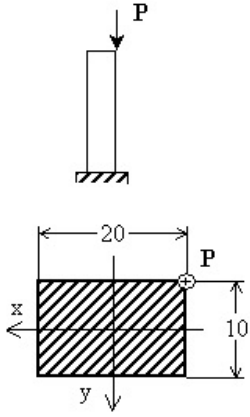
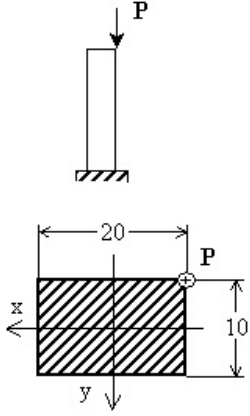
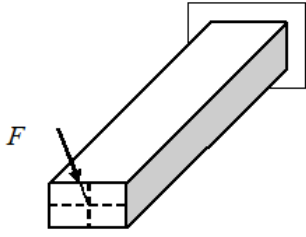
### ТЛ 4. «Сложное сопротивление»

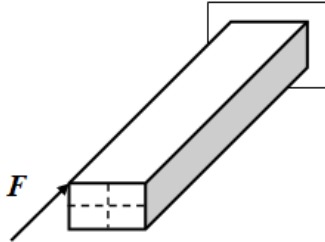
Примеры тестовых заданий:

Вопросы:	Варианты ответов
<p>1. Продемонстрируйте умение проводить расчеты на прочность.</p> <p>Колонна квадратного поперечного сечения загружена сжимающей силой <math>F</math>. Координаты точки приложения силы <math>x_F = 0,5b</math>, <math>y_F = 0,5b</math>. Значение максимального нормального напряжения по абсолютному значению равно ...</p> <p>В расчетах принять: сторона квадрата <math>b = 10</math> см, сила <math>F = 800</math> кН.</p>	<p>Введите значение в МПа.</p>

	
<p>2. Продемонстрируйте умение проводить расчеты на прочность.  Стержень длиной <math>l</math> прямоугольного сечения размерами <math>b \times 2b</math> нагружен силой <math>F</math> (см. рис.), угол <math>\alpha = 30^\circ</math>.  Значение напряжения в точке А по абсолютному значению  равно ... <math>\frac{Fl}{b^3}</math></p>  <p>(числовые значения округлять до десятых)</p>	<p>Введите значение.</p>
<p>3. Что такое ядро сечения?  Выберите один ответ:</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. плоскость, в которой лежат силы</li> <li>2. площадка, на которой отсутствуют касательные напряжения</li> <li>3. область в поперечном сечении стержня, в которой можно прикладывать растягивающую (сжимающую) силу, не вызывая напряжений противоположного знака</li> </ol>
<p>4. При данном нагружении стержня (сила <math>F</math> лежит в плоскости <math>xOy</math>) максимальное нормальное напряжение возникает в точке ...</p> 	<p>A B C D</p>
<p>5. Нормальное напряжение в центре тяжести поперечного сечения при косом изгибе...  Выберите один ответ:</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. принимает максимальное по модулю значение</li> <li>2. равно нулю</li> </ol>

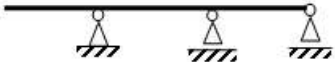
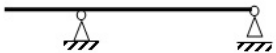

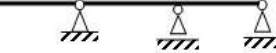
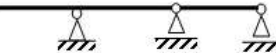
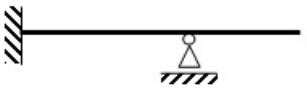
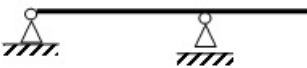
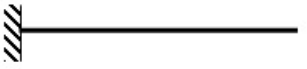
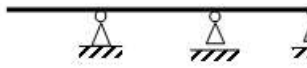
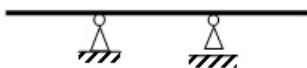

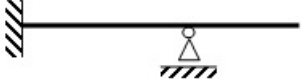
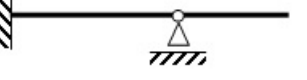
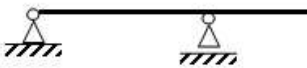
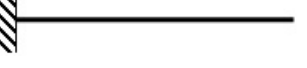

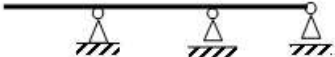
6. Растягивающая сила $F$ приложена в точке $K$ контура сечения. Какое положение занимает нейтральная линия в этом случае?		3. отрицательное I II II IV
7. Проверку прочности в случае изгиба с кручением необходимо проводить Выберите один ответ:	1. по нормальным напряжениям 2. по касательным напряжениям 3. по одной из гипотез прочности или пластичности	
8. Продемонстрируйте умение строить нейтральную ось. На каком рисунке нейтральная ось показана верно?	 <div><div><p>а)</p></div><div><p>б)</p></div><div><p>в)</p></div><div><p>г)</p></div></div>	
9. Укажите сечение, для которого правильно показано положение нейтральной линии при косом изгибе?	Вариант 1 Вариант 2 Вариант 3	

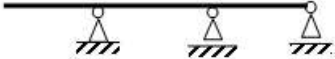
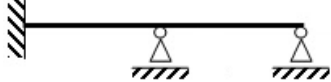
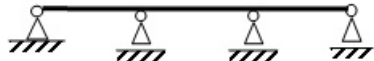
<p>10. Чему равно значение <math>x_p</math> для представленного стержня?</p>  $\sigma_x = \frac{P}{A} \left( 1 + \frac{x \cdot x_p}{i_y^2} + \frac{y \cdot y_p}{i_x^2} \right)$	<p>Выберите один ответ:</p> <p>10 20 -10 -5 5</p>
<p>11. Чему равно значение <math>y_p</math> для представленного стержня?</p>  $\sigma_x = \frac{P}{A} \left( 1 + \frac{x \cdot x_p}{i_y^2} + \frac{y \cdot y_p}{i_x^2} \right)$	<p>Выберите один ответ:</p> <p>10 20 -10 -5 5</p>
<p>12. Если при внецентренном растяжении (сжатии) нейтральная ось пересекает сечение, то Выберите один ответ:</p>	<p>1. сила приложена вне ядра сечения 2. сила приложена в ядре сечения</p>
<p>13. При данном виде нагружения стержень испытывает ...</p>	 <p>Выберите один ответ:</p> <p>1. Изгиб с растяжением 2. Косой изгиб 3. Пространственный изгиб 4. Изгиб с кручением 5. Внецентренное растяжение - сжатие</p>
<p>14. Если сила параллельная оси стержня приложена в ядре сечения, то... Выберите один ответ:</p>	<p>1. нейтральная ось не пересекает поперечное сечение 2. нейтральная ось пересекает поперечное сечение 3. нейтральная ось проходит через центр тяжести поперечного сечения</p>

15. При данном виде нагружения стержень испытывает ...		Выберите один ответ: 1. Изгиб с растяжением 2. Косой изгиб 3. Пространственный изгиб 4. Изгиб с кручением 5. Внецентренное растяжение - сжатие
--	---	---

## ТЛ 5. «Статически неопределимые системы»

### Примеры тестовых заданий:

Вопросы:	Варианты ответов
<p>1. Продемонстрируйте умение вести расчет статически неопределимых стержневых систем. Укажите все верные основные системы метода сил для представленной на рисунке балки</p>  <p>Выберите несколько вариантов ответа.</p>	<p>а) </p> <p>б) </p> <p>в) </p> <p>г) </p>
<p>2. Продемонстрируйте умение вести расчет статически неопределимых стержневых систем. Какие из представленных балок являются статически неопределимыми? Выберите несколько вариантов ответа.</p>	<p>а) </p> <p>б) </p> <p>в) </p> <p>г) </p> <p>д) </p> <p>е) </p>
<p>3. Продемонстрируйте умение вести расчет статически неопределимых стержневых систем. Укажите все верные основные системы метода сил для представленной на рисунке балки</p>  <p>Выберите несколько вариантов ответа.</p>	<p>а) </p> <p>б) </p> <p>в) </p> <p>г) </p>
<p>4. Продемонстрируйте умение вести расчет статически неопределимых стержневых систем. Степень статической неопределимости представленной на рисунке балки равна ...</p> 	<p>Введите ответ</p>


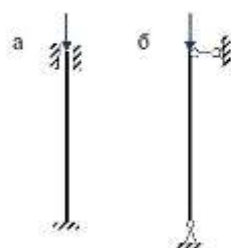
<p>5. Продемонстрируйте умение вести расчет статически неопределимых стержневых систем. Степень статической неопределимости представленной на рисунке балки равна ...</p> 	<p>Введите ответ</p>
<p>6. Продемонстрируйте умение вести расчет статически неопределимых стержневых систем. Степень статической неопределимости представленной на рисунке балки равна ...</p> 	<p>Введите ответ</p>
<p>7. Продемонстрируйте умение вести расчет статически неопределимых стержневых систем. Степень статической неопределимости представленной на рисунке балки равна ...</p> 	<p>Введите ответ</p>
<p>7. Каков физический смысл канонических уравнений метода сил?</p>	<p>Выберите один ответ: 1.это закон сохранения энергии 2.этом уравнения совместности деформаций (перемещений) 3.это уравнения равновесия</p>
<p>8. Что такое <math>X_1</math> в каноническом уравнении метода сил? <math>\delta_{11}X_1 + \Delta_{1F} = 0</math></p>	<p>Выберите один ответ: 1. перемещение в основной системе по направлению первой отброшенной связи от действия внешних нагрузок 2. перемещение в основной системе по направлению первой отброшенной связи от действия безразмерной единичной силы 3. неизвестная реакция в первой отброшенной связи</p>
<p>9. Что такое <math>\delta_{11}</math> в каноническом уравнении метода сил? <math>\delta_{11}X_1 + \Delta_{1F} = 0</math></p>	<p>Выберите один ответ: 1. перемещение в основной системе по направлению первой отброшенной связи от действия внешних нагрузок 2. перемещение в основной системе по направлению первой отброшенной связи от действия безразмерной единичной силы 3. неизвестная реакция в первой отброшенной связи</p>
<p>10. Что такое <math>\Delta_{1F}</math> в каноническом уравнении метода сил? <math>\delta_{11}X_1 + \Delta_{1F} = 0</math></p>	<p>Выберите один ответ: 1. перемещение в основной системе по направлению первой отброшенной связи от действия внешних нагрузок 2. перемещение в основной системе по направлению первой</p>

	отброшенной связи от действия безразмерной единичной силы 3. неизвестная реакция в первой отброшенной связи
11. Основной системой метода сил называют ... Выберите один ответ:	1. Статически определимую, геометрически неизменяемую систему, полученную из исходной путем отбрасывания лишних связей 2. Расчетную схему 3. Статически неопределимую, геометрически неизменяемую систему, полученную из исходной путем наложения дополнительных связей 4. Исходную балку
12. Число канонических уравнений, которое нужно составить при раскрытии статической неопределимости методом сил, равно ... Выберите один ответ:	1. количеству связей, наложенных на систему 2. степени статической неопределимости 3. числу степеней свободы 4. количеству шарнирных пор
13. Зависят ли усилия в статически неопределимых стержневых системах от материала стержней? Выберите один ответ:	1. нет 2. да
14. Зависят ли усилия в статически неопределимых стержневых системах, работающих на осевое растяжение (сжатие), от площадей поперечных сечений стержней? Выберите один ответ:	1. нет 2. да
15. Статически определимая, геометрически неизменяемая система, полученная из исходной путем отбрасывания лишних связей называется ... Выберите один ответ:	1. лишняя связь 2. исходная балка 3. расчетная схема 4. основная система 5. грузовая система


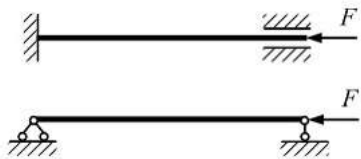


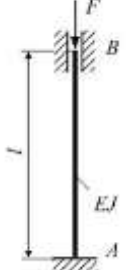
## ТЛ 6. «Устойчивость центрально сжатых стержней»

### Примеры тестовых заданий:

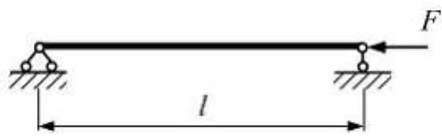
Вопросы:		Варианты ответов
1. Одинаковые стержни закреплены, как показано на рисунках. Для какого из них гибкость будет наименьшей?		а) б) в) г)

2. Какой коэффициент приведения длины соответствует данному закреплению стержня?		1 2 0,5 0,7
3. Гибкость стержня зависит ... Выберите один или несколько ответов:		1. от геометрии поперечного сечения 2. от материала, из которого изготовлен стержень 3. от способа закрепления стержня 4. от длины стержня 5. от предела текучести материала
4. Коэффициент приведения длины $\mu$ показывает Выберите один ответ:		1. какую часть от заданной длины стержня составляет одна полуволна синусоиды при разных способах закрепления стержня 2. во сколько раз нужно уменьшить основное допускаемое напряжение при расчетах на устойчивость 3. какую формулу нужно выбрать для определения критической силы
5. Как изменится гибкость стержня при замене закреплений сжатого стержня (рис. а) на шарнирные опоры (рис.б)?		1. увеличится в 2 раза 2. уменьшится в 4 раза 3. уменьшится в 2 раза 4. не изменится 5. увеличится в 4 раза
6. При увеличении длины стержня критическая сила, посчитанная по формуле Эйлера, ... Выберите один ответ:		1. уменьшится 2. не изменится 3. увеличится
7. Значение предельной гибкости $\lambda_{пр}$ зависит ... Выберите один или несколько ответов:		1. от предела текучести материала 2. от предела пропорциональности материала 3. от модуля Юнга материала 4. от временного сопротивления материала 5. от геометрических характеристик поперечного сечения стержня 6. от коэффициента приведения длины
8. Какое из указанных сечений наиболее рационально с точки зрения устойчивости, если площади приведенных сечений одинакова?		а) квадрат б) прямоугольник в) кольцо



<div></div> <div>квадрат      прямоугольник      кольцо</div>		
<p>9. По какой формуле рассчитывают критическую силу, если гибкость стержня находится в пределах <math>\lambda_0 &lt; \lambda &lt; \lambda_{пр}</math> ?</p> <p>Выберите один ответ:</p>		<p>а) <math>F_{кр} = \frac{\pi^2 EI_{\min}}{(\mu l)^2}</math></p> <p>б) <math>F_{кр} = A(a - b\lambda + c\lambda^2)</math></p> <p>в) <math>F_{кр} = A \cdot \sigma_{он}</math></p>
<p>10.</p> <div></div> <p>При замене жестких закреплений стержня на шарнирные, значение критической силы...</p> <p>При решении учитывайте, что напряжения в стержнях не превышают предел пропорциональности.</p>		<p>1. Увеличится в 4 раза</p> <p>2. Уменьшится в 4 раза</p> <p>3. не изменится</p> <p>4. Увеличится в 2 раза</p>
<p>11. По какой формуле рассчитывают критическую силу, если гибкость стержня находится в пределах <math>\lambda &gt; \lambda_{пр}</math> ?</p> <p>Выберите один ответ:</p>		<p>а) <math>F_{кр} = \frac{\pi^2 EI_{\min}}{(\mu l)^2}</math></p> <p>б) <math>F_{кр} = A(a - b\lambda + c\lambda^2)</math></p> <p>в) <math>F_{кр} = A \cdot \sigma_{он}</math></p>
<p>12. Какой коэффициент приведения длины соответствует данному закреплению стержня?</p>	<div></div>	<p>1</p> <p>2</p> <p>0,5</p> <p>0,7</p>
<p>13. Какой коэффициент приведения длины соответствует данному закреплению стержня?</p>	<div></div>	<p>1</p> <p>2</p> <p>0,5</p> <p>0,7</p>
<p>14. Продемонстрируйте умение вести расчеты на устойчивость. Во сколько раз уменьшится критическая сила, если у стойки удалить опору В.</p> <p>(при решении учитывайте, что напряжения в стержнях не превышают предел пропорциональности)</p>	<div></div>	<p>Введите ответ</p>
<p>15. Продемонстрируйте умение вести расчеты на устойчивость.</p>		<p>Введите ответ</p>

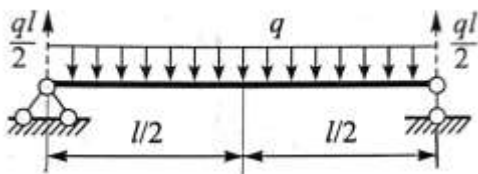
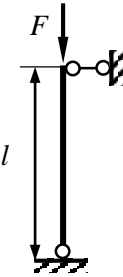
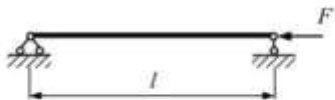
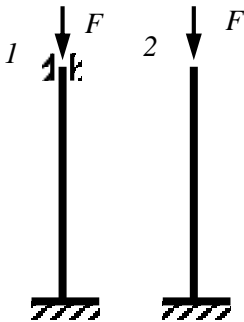
Стержень длиной  $l$  нагружен сжимающей силой  $F$ .  
При увеличении длины в 2 раза значение критической силы уменьшится ... раза.



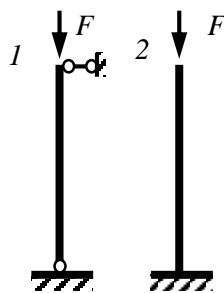
## Итоговый семестровый тест № 2.

Примеры тестовых заданий:

Вопросы:	Варианты ответов
<p>1. Продемонстрируйте умение определять перемещения в балке. Вертикальное перемещение сечения <math>C</math> указанной балки равно ... <math>\frac{\text{Н} \cdot \text{м}^3}{EJ}</math></p> <p>Жесткость балки <math>EJ</math>.</p>	Введите ответ
<p>2. Продемонстрируйте умение определять перемещения в балке. Вертикальное перемещение сечения <math>C</math> указанной балки равно ... мм.</p> <p><math>l = 3 \text{ м}, F = 10 \text{ кН}, EI = 2 \cdot 10^4 \text{ кНм}^2</math>. При расчете использовать правило Верещагина.</p>	Введите ответ
<p>3. Продемонстрируйте умение определять углы поворота сечений балок. Угол поворота правого торца представленной балки <math>\theta</math> по абсолютному значению равен ... <math>\cdot 10^{-4}</math> рад.</p> <p><math>l = 3 \text{ м}, F = 10 \text{ кН}, EI = 2 \cdot 10^4 \text{ кНм}^2</math>. При расчете использовать правило Верещагина.</p>	Введите ответ
<p>4. Продемонстрируйте умение определять углы поворота сечений балок. Угол поворота левого торца представленной балки <math>\theta</math> по абсолютному значению равен ... <math>\cdot 10^{-4}</math> рад.</p>	Введите ответ

 <p> <math>l = 4 \text{ м}, q = 10 \text{ кН/м}, EI = 2 \cdot 10^4 \text{ кНм}^2</math>.          При расчете использовать формулу Симпсона.       </p>																																			
<p>5. Продемонстрируйте умение вычислять критическое напряжение в центрально сжатом стержне.</p> <p>Стойка представляет собой стержень круглого сечения диаметром <math>d = 4 \text{ см}</math>, нагруженный внешней силой <math>F</math>. Модуль упругости материала <math>E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}</math>, длина <math>l = 2 \text{ м}</math>. Значение критического напряжения равно ... (при расчете принять <math>\pi^2 \approx 10</math>)</p>	 <p>Введите ответ в МПа</p>																																		
<p>6. Продемонстрируйте умение вести расчеты на устойчивость. Элемент ферменной конструкции представляет собой стержень круглого сечения диаметром <math>d</math>, нагруженный внешней силой <math>F</math> (см. рис.)</p> <p>Допускаемое напряжение на устойчивость <math>[\sigma]_y</math> равно ... МПа</p> <table border="1" data-bbox="252 1025 411 1444"> <thead> <tr> <th><math>\lambda</math></th> <th><math>\varphi</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>10</td><td>0,99</td></tr> <tr><td>20</td><td>0,96</td></tr> <tr><td>30</td><td>0,94</td></tr> <tr><td>40</td><td>0,92</td></tr> <tr><td>50</td><td>0,89</td></tr> <tr><td>60</td><td>0,86</td></tr> <tr><td>70</td><td>0,81</td></tr> <tr><td>80</td><td>0,75</td></tr> <tr><td>90</td><td>0,69</td></tr> <tr><td>100</td><td>0,60</td></tr> <tr><td>110</td><td>0,52</td></tr> <tr><td>120</td><td>0,45</td></tr> <tr><td>130</td><td>0,40</td></tr> <tr><td>140</td><td>0,36</td></tr> <tr><td>150</td><td>0,32</td></tr> </tbody> </table>  <p>         Длина стержня <math>l = 2 \text{ м}</math>.          Поперечное сечение – круг          диаметром <math>d = 16 \text{ см}</math> </p> <p>Допускаемое напряжение на сжатие <math>[\sigma]_c = 200 \text{ МПа}</math>.</p>	$\lambda$	$\varphi$	0	1	10	0,99	20	0,96	30	0,94	40	0,92	50	0,89	60	0,86	70	0,81	80	0,75	90	0,69	100	0,60	110	0,52	120	0,45	130	0,40	140	0,36	150	0,32	<p>Введите ответ</p>
$\lambda$	$\varphi$																																		
0	1																																		
10	0,99																																		
20	0,96																																		
30	0,94																																		
40	0,92																																		
50	0,89																																		
60	0,86																																		
70	0,81																																		
80	0,75																																		
90	0,69																																		
100	0,60																																		
110	0,52																																		
120	0,45																																		
130	0,40																																		
140	0,36																																		
150	0,32																																		
<p>7. Продемонстрируйте умение вести расчеты на устойчивость. На рисунке показаны два варианта закрепления одинаковых стоек. Отношение значений критических напряжений <math>\sigma_{кр}^{(1)} / \sigma_{кр}^{(2)} = \dots</math> (при решении учитывайте, что напряжение в стержнях не превышают предел пропорциональности)</p>	 <p>Введите ответ</p>																																		

8. Продemonстрируйте умение вести расчеты на устойчивость. На рисунке показаны два варианта закрепления одинаковых стоек. Отношение значений критических напряжений  $\sigma_{кр}^{(1)} / \sigma_{кр}^{(2)} = \dots$  (при решении учитывайте, что напряжение в стержнях не превышают предел пропорциональности).



Введите ответ

9. Продemonстрируйте умение вести расчеты на устойчивость. Элемент ферменной конструкции представляет собой стержень круглого сечения диаметром  $d$ , нагруженный внешней силой  $F$  (см. рис.)  
Допускаемое напряжение на устойчивость  $[\sigma]_y$  равно ... МПа

$\lambda$	$\varphi$
0	1
10	0.99
20	0.96
30	0.94
40	0.92
50	0.89
60	0.86
70	0.81
80	0.75
90	0.69
100	0.60
110	0.52
120	0.45
130	0.40
140	0.36
150	0.32



Введите ответ

10. Продemonстрируйте умение вести расчеты на устойчивость. Элемент ферменной конструкции представляет собой стержень круглого сечения диаметром  $d$ , нагруженный внешней силой  $F$  (см. рис.)  
Допускаемое напряжение на устойчивость  $[\sigma]_y$  равно ... МПа

$\lambda$	$\varphi$
0	1
10	0.99
20	0.96
30	0.94
40	0.92
50	0.89
60	0.86
70	0.81
80	0.75
90	0.69
100	0.60
110	0.52
120	0.45
130	0.40
140	0.36
150	0.32



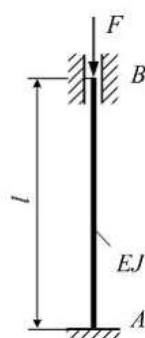
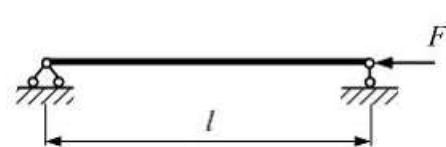
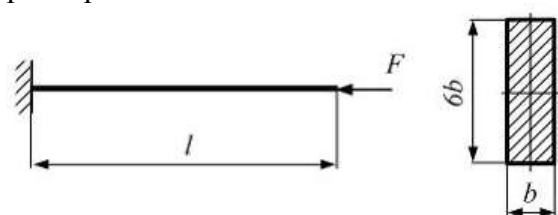
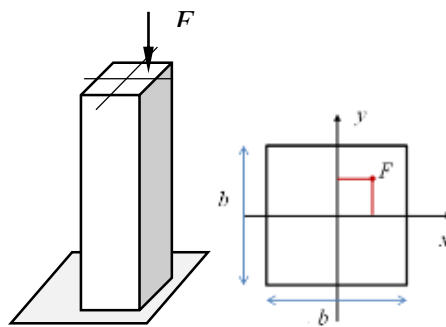
Длина стержня  $l = 1,8$  м  
Поперечное сечение – круг  
диаметром  $d = 6$  см

Допускаемое напряжение на сжатие  $[\sigma]_c = 200$  МПа.

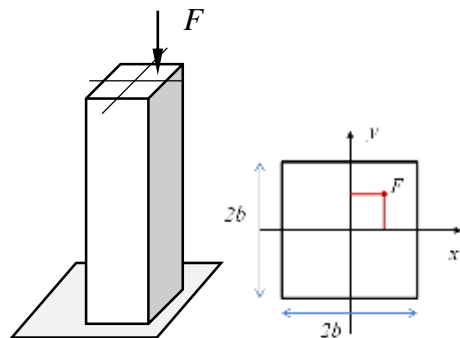
Введите ответ

11. Продemonстрируйте умение вести расчеты на устойчивость. Во сколько раз уменьшится критическая сила, если у стойки удалить опору В.

Введите ответ

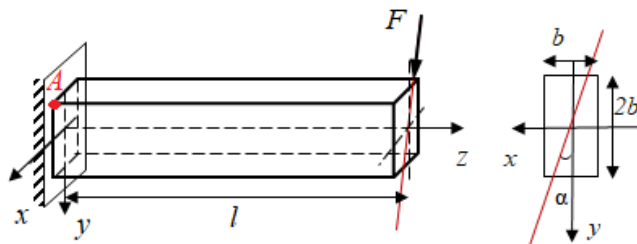
	(при решении учитывайте, что напряжение в стержнях не превышают предел пропорциональности)	
<p>12. Продемонстрируйте умение вести расчеты на устойчивость.</p> <p>Стержень длиной <math>l</math> нагружен сжимающей силой <math>F</math>.</p> <p>При увеличении длины в 2 раза значение критической силы уменьшится ... раза.</p> 	Введите ответ	
<p>13. Продемонстрируйте умение рассчитывать критическую силу. Стержень длиной <math>l = 1</math> м на одном конце жестко зашечлен, а другой конец – свободен. Модуль упругости материала <math>E = 2 \cdot 10^5</math> МПа, предельная гибкость <math>\lambda_{пр} = 100</math>, размер <math>b = 2</math> см.</p> 	Введите ответ	
<p>Значение критической силы равно ... кН (при расчете принять <math>\pi^2 \approx 10</math>)</p>		
<p>14. Продемонстрируйте умение проводить расчеты на прочность.</p> <p>Колонна квадратного поперечного сечения загружена сжимающей силой <math>F</math>. Координаты точки приложения силы <math>x_F = 0,25b</math>, <math>y_F = 0,25b</math>. Значение максимального нормального напряжения по абсолютному значению равно ...</p> <p>В расчетах принять: сторона квадрата <math>b = 10</math> см, сила <math>F = 100</math> кН.</p> 	Введите значение в МПа.	

15. Продемонстрируйте умение проводить расчеты на прочность.  
Колонна квадратного поперечного сечения нагружена сжимающей силой  $F$ . Координаты точки приложения силы  $x_F = 0,5b$ ,  $y_F = 0,5b$ . Значение максимального нормального напряжения по абсолютному значению равно ...  
В расчетах принять: сторона квадрата  $b = 10$  см, сила  $F = 800$  кН.



Введите значение в МПа.

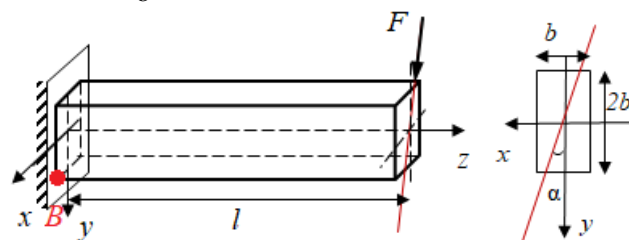
16. Продемонстрируйте умение проводить расчеты на прочность.  
Стержень длиной  $l$  прямоугольного сечения размерами  $b \times 2b$  нагружен силой  $F$  (см. рис.), угол  $\alpha = 30^\circ$ . Значение напряжения в точке А по абсолютному значению равно ...  $\frac{Fl}{b^3}$



(числовые значения округлять до десятых)

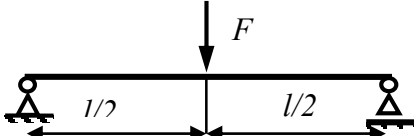
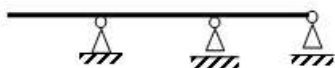
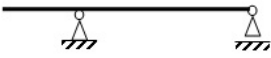

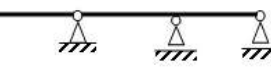
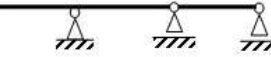
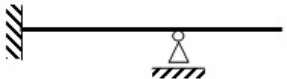
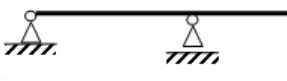
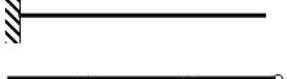
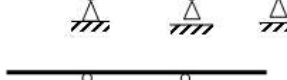
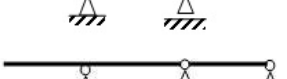
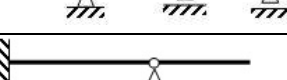
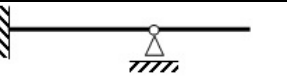

Введите ответ

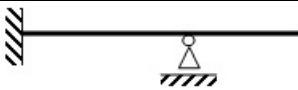
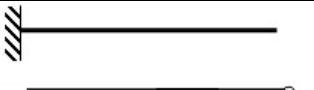
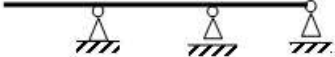
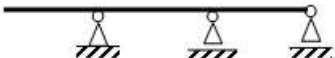
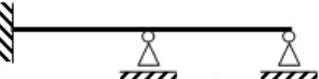
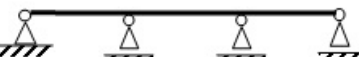
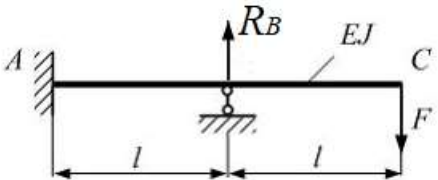
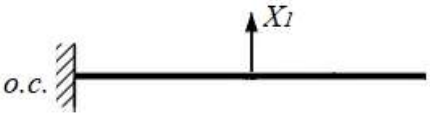
17. Продемонстрируйте умение проводить расчеты на прочность.  
Стержень длиной  $l$  прямоугольного сечения размерами  $b \times 2b$  нагружен силой  $F$  (см. рис.), угол  $\alpha = 30^\circ$ . Значение напряжения в точке А по абсолютному значению равно ...  $\frac{Fl}{b^3}$



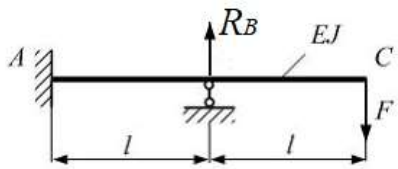

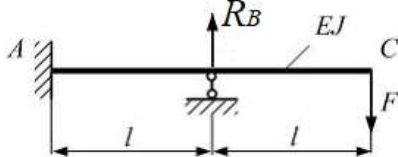
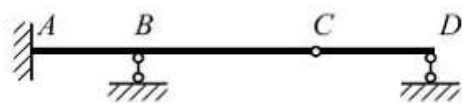
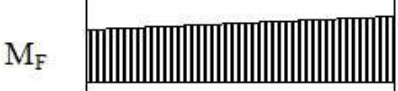
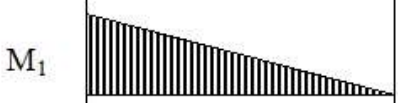
(числовые значения округлять до десятых)

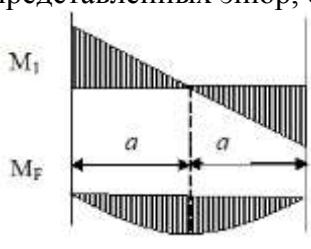
Введите ответ

<p>18. Продемонстрируйте умение вести расчет стержневых систем на действие динамических нагрузок. Прогиб в середине пролета балки от статически приложенной силы <math>F</math> равен <math>\delta</math>. Прогиб в этом же сечении при мгновенном приложении силы <math>F</math> равен ...</p> 	<p>Введите ответ</p>
<p>19. Продемонстрируйте умение вести расчет стержневых систем на действие динамических нагрузок. Груз падает с высоты <math>h</math>. Динамическое напряжение в конструкции при увеличении высоты падения груза в 4 раза ... (При определении динамического коэффициента системы используйте приближенную формулу <math>k_d = \sqrt{\frac{2h}{\delta_{ст}}}</math>)</p>	<p>Напишите ответ</p>
<p>20. Продемонстрируйте умение вести расчет стержневых систем на действие динамических нагрузок. Груз падает с высоты <math>h</math>. Динамическое напряжение в конструкции при уменьшении высоты падения груза в 4 раза ... (При определении динамического коэффициента системы используйте приближенную формулу <math>k_d = \sqrt{\frac{2h}{\delta_{ст}}}</math>)</p>	<p>Напишите ответ</p>
<p>21. Продемонстрируйте умение вести расчет статически неопределимых стержневых систем. Укажите все верные основные системы метода сил для представленной на рисунке балки</p>  <p>Выберите несколько вариантов ответа.</p>	<p>а) </p> <p>б) </p> <p>в) </p> <p>г) </p>
<p>22. Продемонстрируйте умение вести расчет статически неопределимых стержневых систем. Какие из представленных балок являются статически неопределимыми? Выберите несколько вариантов ответа.</p>	<p>а) </p> <p>б) </p> <p>в) </p> <p>г) </p> <p>д) </p> <p>е) </p>
<p>23. Продемонстрируйте умение вести расчет статически неопределимых стержневых систем. Укажите все верные основные системы метода сил для представленной на рисунке балки</p>	<p>а) </p> <p>б) </p>

 <p>Выберите несколько вариантов ответа.</p>	 <p>г)</p>
<p>24. Продемонстрируйте умение вести расчет статически неопределимых стержневых систем. Степень статической неопределимости представленной на рисунке балки равна ...</p> 	<p>Введите ответ</p>
<p>25. Продемонстрируйте умение вести расчет статически неопределимых стержневых систем. Степень статической неопределимости представленной на рисунке балки равна ...</p> 	<p>Введите ответ</p>
<p>26. Продемонстрируйте умение вести расчет статически неопределимых стержневых систем. Степень статической неопределимости представленной на рисунке балки равна ...</p> 	<p>Введите ответ</p>
<p>27. Продемонстрируйте умение вести расчет статически неопределимых стержневых систем. Степень статической неопределимости представленной на рисунке балки равна ...</p> 	<p>Введите ответ</p>
<p>28. Продемонстрируйте умение раскрывать статическую неопределимость. Статически неопределимая балка нагружена силой <math>F</math> (рис. а). Один из вариантов основной системы показан на рис. б. Значение коэффициента канонического уравнения метода сил <math>\delta_{11} = \dots \frac{l^3}{EI_x}</math></p> $\delta_{11}X_1 + \Delta_{1F} = 0$  <p>рис. а)</p>  <p>рис. б)</p>	<p>Введите ответ</p>
<p>29. Продемонстрируйте умение раскрывать статическую неопределимость.</p>	<p>Введите ответ</p>



<p>Статически неопределимая балка нагружена силой <math>F</math> (рис. а). Один из вариантов основной системы показан на рис. б. Значение свободного члена канонического уравнения метода сил <math>\Delta_{1F} = \dots \frac{Fl^3}{EI_x}</math></p> $\delta_{11}X_1 + \Delta_{1F} = 0$ <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>рис. а)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>рис. б)</p> </div> </div>	
<p>30. Продемонстрируйте умение раскрывать статическую неопределимость. Если <math>l = 1\text{ м}</math>, <math>F = 10\text{ кН}</math>, опорная реакция <math>R_B</math> в представленной балке равна ... кН.</p> <div style="text-align: center;">  </div>	Введите ответ
<p>31.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Степень статической неопределимости плоской балки равна ...</p>	Введите ответ
<p>32. Перемещение, полученное «перемножением» представленных эпюр, будет ...</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p><math>M_F</math></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><math>M_1</math></p> </div> </div>	<p>а) положительным б) отрицательным в) нулевым</p>
<p>33. При перемножении каких эпюр можно применять формулу трапеции? Выберите один ответ:</p>	<p>1. только если обе перемножаемые эпюры линейные 2. если хотя бы одна из перемножаемых эпюр линейна 3. для эпюр любого вида</p>
<p>34. Предел выносливости – это ... Выберите один ответ:</p>	<p>1. наибольшее значение <math>\sigma_{\max}</math>, при котором образец не разрушится до базы испытаний (не</p>

	разрушится бесконечно долго) 2. наименьшее значение $\sigma_{\max}$ , при котором образец разрушится
35. Если коэффициент асимметрии цикла равен - 1, то цикл называется ... Выберите один ответ:	1. симметричным 2. отнулевым 3. асимметричным
36. По какой формуле вычисляется динамический коэффициент при ударе?  1) $k_D = 1 + \sqrt{1 + \frac{2h}{\delta_{ст}}}$ 2) $k_D = 1 + \frac{a}{g}$ 3) $k_D = 2$	1) 2) 3)
37. Какое состояние считается опасным при расчете по методу допускаемых напряжений?  Выберите один ответ:	1. Когда система становится геометрически изменяемой - превращается в механизм. 2. Когда хотя бы в одной точке напряжение достигает опасного значения.
38. Какое состояние считается предельным при расчете по методу предельных ( разрушающих) нагрузок? Выберите один ответ:	1. Когда система становится геометрически изменяемой - превращается в механизм. 2. Когда хотя бы в одной точке напряжение достигает опасного значения.
39. Какие силы называются динамическими?  Выберите один ответ:	а) Силы, не изменяющиеся со временем или меняющиеся настолько медленно, что вызываемые ими ускорения и силы инерции пренебрежимо малы б) Силы, изменяющие свое значение или направление в короткие промежутки времени, вызывая большие ускорения
40. Перемещение, полученное «перемножением» представленных эпюр, будет ...  	а) положительным б) отрицательным в) нулевым

Тесты ТЛ1, ТЛ2, ТЛ3, ТЛ4, ТЛ5, ТЛ6 содержат по 10 вопросов из банка вопросов, итоговые семестровый тест №1 содержит 10 вопросов из банка вопросов, итоговые семестровый тест №2 содержит по 15 вопросов из банка вопросов.

**Заочная форма обучения**, кроме специализации «Строительство дорог промышленного транспорта».

**Модуль 1:** Итоговый семестровый тест № 1.

**Модуль 2:** Итоговый семестровый тест № 2.

Итоговые семестровые тесты № 1, 2 для заочной формы обучения содержат по 10 вопросов из банка вопросов (банк вопросов общий для всех форм обучения).

В полном объеме база тестовых вопросов размещена в электронной информационно-образовательной среде ПГУПС ([sdo.pgups.ru](http://sdo.pgups.ru)) для очной и заочной форм обучения в разделах «Текущий контроль».

### **Материалы для промежуточной аттестации**

#### Перечень вопросов к экзамену

Для очной формы обучения, для заочной формы обучения, кроме специализации «Строительство дорог промышленного транспорта», для заочной формы обучения (ускоренное обучение) для специализации «Управление техническим состоянием железнодорожного пути», **Модуль 1.**

1. В чем заключается расчет на прочность / расчет на жёсткость?	ОПК-1.2.1.
2. Что такое расчетная схема?	ОПК-1.2.1.
3. Какое свойство тел называется упругостью? Какой частный случай свойства упругости рассматривают в сопротивлении материалов?	ОПК-1.2.1.
4. Какие объекты называются стержнями? Что такое стержневая система?	ОПК-1.2.1.
5. Какие объекты называются пластинами и оболочками? В чем состоит разница между пластинами и оболочками?	ОПК-1.2.1.
6. Какие тела называются объемными (массивами)?	ОПК-1.2.1.
7. Какие материалы называют однородными / сплошными / изотропными / анизотропными?	ОПК-1.2.1.
8. Сформулируйте принцип независимости действия сил. Какие положения сопротивления материалов обосновывают возможность применения принципа независимости действия сил (принципа суперпозиции)?	ОПК-1.2.1.
9. Сформулируйте принцип Сен-Венана.	ОПК-1.2.1.
10. В каком случае внешние силы называются статическими, в каком динамическими?	ОПК-1.2.1.
11. Что такое объемная сила, ее размерность? Приведите примеры объемных сил.	ОПК-1.2.1.
12. При выполнении каких требований внешнюю нагрузку можно считать сосредоточенной силой?	ОПК-1.2.1.
13. Как понимать термин "число степеней свободы объекта"?	ОПК-1.2.1.
14. Какие опорные закрепления Вы знаете, и какие реакции в них возникают?	ОПК-1.2.1.
15. Какие системы называются статически определимыми / неопределимыми?	ОПК-1.2.1.
16. Почему для определения опорных реакций в сопротивлении материалов можно использовать уравнения статики абсолютно твердого тела?	ОПК-1.2.1.
17. Какие силы называются внешними?	ОПК-1.2.1.
18. Перечислите внутренние усилия в поперечных сечениях стержня для общего случая нагружения. Что такое "эпюра внутреннего усилия"?	ОПК-1.2.1.

19. Какие виды простой деформации прямолинейного стержня Вам известны (указать действующие внутренние усилия)?	ОПК-1.2.1.
20. Какое напряжение является опасным для хрупких / пластичных материалов (обозначение и название)? Почему?	ОПК-1.2.1.
21. Как вводят понятие "допускаемое напряжение", "коэффициент запаса прочности"?	ОПК-1.2.1.
22. В каком случае вид деформации стержня называют "осевая деформация"? При каких условиях нагружения стержня реализуется осевая деформация?	ОПК-1.2.1.
23. Какая гипотеза положена в основу теории растяжения (сжатия) прямолинейных стержней и какой закон распределения напряжений из нее вытекает?	ОПК-1.2.1.
24. Сформулируйте гипотезу плоских сечений.	ОПК-1.2.1.
25. Запишите условие статической эквивалентности для продольной (нормальной) силы.	ОПК-1.2.1.
26. Сформулируйте правило знаков для продольной (нормальной) силы.	ОПК-1.2.1.
27. Сформулируйте признаки, по которым можно проверить правильность построения эпюры продольной (нормальной) силы (указать все известные признаки).	ОПК-1.2.1.
28. Запишите дифференциальную зависимость между продольной (нормальной) силой и продольной распределенной нагрузкой.	ОПК-1.2.1.
41 Запишите формулу, по которой вычисляют напряжения в поперечном сечении стержня при осевой деформации.	ОПК-1.2.1.
42 Что такое концентрация напряжений и как она оценивается в упругой стадии работы материала?	ОПК-1.2.1.
43 Запишите условие прочности при осевой деформации. Какие задачи можно решать с помощью этого условия?	ОПК-1.2.1.
44 Что такое жесткость поперечного сечения стержня при осевой деформации? Приведите выражение и поясните смысл входящих в него величин.	ОПК-1.2.1.
45 Как вычисляют удлинение стержня, если продольная (нормальная) сила и жесткость постоянны по длине стержня / меняются по длине стержня?	ОПК-1.2.1.
46 Как связаны продольная и поперечная относительные деформации при осевом растяжении (сжатии)? Что такое коэффициент Пуассона? В каких пределах находится его величина для изотропных материалов?	ОПК-1.3.1.
47 Что называют диаграммой растяжения образца?	ОПК-1.3.1.
48 Какие материалы называют пластичными, какие хрупкими?	ОПК-1.3.1.
49 Изобразите характерную диаграмму растяжения образца из пластичного материала / из хрупкого материала.	ОПК-1.3.1.
50 Как по диаграмме растяжения образца определить остаточное удлинение / упругое удлинение (показать на диаграмме)?	ОПК-1.3.1.
51 Что такое площадка текучести?	ОПК-1.3.1.
52 Когда появляется шейка в образце при растяжении? Как распределяются деформации по длине образца до и после появления шейки?	ОПК-1.3.1.
53 Какое отличие имеет условная диаграмма напряжений от диаграммы растяжения образца? Почему она называется условной?	ОПК-1.3.1.
54 Какая величина называется пределом пропорциональности / пределом текучести / пределом прочности (временным сопротивлением) / истинным сопротивлением разрыву?	ОПК-1.3.1.

55	Что понимают под наклепом материала? Как наклеп влияет на прочностные и пластические свойства материала?	ОПК-1.3.1.
56	Какие величины характеризуют пластические свойства материала и как они определяются?	ОПК-1.3.1.
57	Почему при испытаниях на сжатие применяют короткие образцы?	ОПК-1.3.1.
58	Чем объясняют образование бочкообразной формы при сжатии образцов из малоуглеродистой стали?	ОПК-1.3.1.
59	Перечислите упругие постоянные изотропного материала, укажите их размерности. Приведите формулу, связывающую упругие постоянные.	ОПК-1.3.1.
60	Напишите формулу, поясняющую понятие "полное напряжение". Поясните смысл входящих в нее величин. Поясните смысл индекса полного напряжения. Почему указание индекса является обязательным?	ОПК-1.2.1.
61	Что называется нормальным / касательным напряжением? Как связаны между собой полное, нормальное и касательное напряжения?	ОПК-1.2.1.
62	Что означает понятие "напряженное состояние в точке тела" и как оно количественно оценивается?	ОПК-1.2.1.
63	Запишите тензор напряжений и дайте полное название одной из его компонент, расположенной на главной диагонали / вне главной диагонали. Сформулируйте правило знаков для компонент тензора напряжений.	ОПК-1.2.1.
64	Сколько существенно различных компонент у тензора напряжений и почему? Сформулируйте свойство парности касательных напряжений и запишите соответствующую формулу.	ОПК-1.2.1.
65	На гранях элементарного параллелепипеда, параллельных плоскости $xOz$ ( $xOy$ , $yOz$ ) покажите положительные направления действующих на них напряжений.	ОПК-1.2.1.
66	Опишите понятие «главные площадки» Как записывается условие существования главных площадок в случае объемного напряженного состояния? К какому уравнению оно приводит?	ОПК-1.2.1.
67	Какие величины называются инвариантными? Чему равен первый инвариант тензора напряжений?	ОПК-1.2.1.
68	Какие напряжения называются главными? Сколько главных площадок можно провести через точку деформируемого тела, как они ориентированы по отношению между собой?	ОПК-1.2.1.
69	Запишите формулы для вычисления главных напряжений при плоском напряженном состоянии.	ОПК-1.2.1.
70	На каких площадках нормальные напряжения достигают экстремальных значений? В чем состоит свойство экстремальности главных напряжений?	ОПК-1.2.1.
71	Запишите тензор напряжений для случая, когда оси координат совпадают по направлению с главными напряжениями?	ОПК-1.2.1.
72	Чему равно наибольшее касательное напряжение в точке тела и на какой площадке оно действует?	ОПК-1.2.1.
73	Какие типы напряженных состояний в точке тела Вы знаете? По какому признаку они различаются?	ОПК-1.2.1.
74	На каких площадках при осевой деформации стержня возникают наибольшие нормальные и на каких - наибольшие касательные напряжения?	ОПК-1.2.1.
75	Дайте определение понятиям "относительное удлинение", "относительный сдвиг".	ОПК-1.2.1.
76	Что означает понятие "деформированное состояние в точке тела" и как количественно оно оценивается?	ОПК-1.2.1.

77	Запишите выражение тензора деформаций и дайте полное название одной из его компонент, расположенной на главной диагонали / вне главной диагонали.	ОПК-1.2.1.
78	Какие оси называются главными осями деформаций?	ОПК-1.2.1.
79	Запишите тензор деформаций для случая, когда оси координат совпадают по направлению с главными осями деформаций.	ОПК-1.2.1.
80	Запишите закон Гука для случая линейного напряженного состояния / при чистом сдвиге / обобщенный закон Гука.	ОПК-1.2.1.
81	Зачем нужны гипотезы (теории) прочности? Что такое эквивалентное (расчетное) напряжение?	ОПК-1.2.1.
82	Какое состояние считается опасным в соответствии I гипотезы прочности? Как определяется эквивалентное (расчетное) напряжение по I гипотезе прочности?	ОПК-1.2.1.
83	Какое состояние считается опасным в соответствии II гипотезы прочности? Как определяется эквивалентное (расчетное) напряжение по II гипотезе прочности?	ОПК-1.2.1.
84	Какое состояние считается опасным в соответствии III гипотезы прочности? Как определяется эквивалентное (расчетное) напряжение по III гипотезе прочности?	ОПК-1.2.1.
85	Какое состояние считается опасным в соответствии IV гипотезы прочности? Как определяется эквивалентное (расчетное) напряжение по IV гипотезе прочности?	ОПК-1.2.1.
86	В каком случае вид деформации стержня называется "кручение"? Сформулируйте правило знаков для крутящего момента.	ОПК-1.2.1.
87	По каким признакам проверяется правильность построения эпюры крутящего момента (указать все известные)?	ОПК-1.2.1.
88	Какие предположения лежат в основе теории кручения круглых валов?	ОПК-1.2.1.
89	Какие напряжения возникают в поперечном сечении вала при кручении?	ОПК-1.2.1.
90	Как направлено полное касательное напряжение при кручении круглых валов и откуда это следует?	ОПК-1.2.1.
91	Запишите условие статической эквивалентности для крутящего момента.	ОПК-1.2.1.
92	Запишите формулу для касательных напряжений при кручении круглых валов.	ОПК-1.2.1.
93	В каких точках поперечного сечения круглого вала возникают наибольшие касательные напряжения и как их вычисляют?	ОПК-1.2.1.
94	Как вводят понятие момент сопротивления при кручении (полярный момент сопротивления)?	ОПК-1.2.1.
95	Как записывают условие прочности при кручении для круглого вала и какие задачи оно позволяет решать?	ОПК-1.2.1.
96	По какой формуле вычисляют угол закручивания круглого вала при постоянном по длине крутящем моменте?	ОПК-1.2.1.
97	Что называют жесткостью поперечного сечения при кручении и какова ее размерность?	ОПК-1.2.1.
98	Запишите условие жесткости при кручении вала круглого поперечного сечения.	ОПК-1.2.1.
99	Что такое статический момент площади относительно некоторой оси и в каких единицах он измеряется?	ОПК-1.2.1.

100 Какие оси координат называют центральными; что такое центр тяжести плоской фигуры? Как связаны между собой статический момент и площадь фигуры?	ОПК-1.2.1.
101 Как определяют положение центра тяжести составной фигуры? Указать последовательность действий и формулы.	ОПК-1.2.1.
102 Как вводятся понятия осевых и центробежного момента инерции для плоской фигуры, их размерность?	ОПК-1.2.1.
103 Как вводится понятие "полярный момент инерции", как связаны между собой полярный и осевые моменты инерции?	ОПК-1.2.1.
104 Пусть известен момент инерции $J$ фигуры площадью $A$ относительно центральной оси. Как определить момент инерции относительно оси, параллельной заданной?	ОПК-1.2.1.
105 Пусть известен момент инерции $J$ фигуры площадью $A$ относительно произвольной оси. Как определить момент инерции относительно оси, параллельной заданной?	ОПК-1.2.1.
106 Какие оси называют главными осями инерции?	ОПК-1.2.1.
107 В каком случае можно без вычислений определить положение главных осей инерции сечения?	ОПК-1.2.1.
108 Как выбирают оси координат в сопротивлении материалов?	ОПК-1.2.1.
109 Какой вид деформации стержня называют "плоский изгиб"? В каком случае изгиб называется чистым, в каком - поперечным?	ОПК-1.2.1.
110 Как приложена нагрузка, под действием которой стержень находится в условиях плоского изгиба?	ОПК-1.2.1.
111 Сформулируйте правило знаков для внутренних усилий при плоском изгибе, поясните рисунком.	ОПК-1.2.1.
112 Запишите дифференциальные зависимости между распределенной нагрузкой, поперечной силой и изгибающим моментом при плоском изгибе.	ОПК-1.2.1.
113 По каким признакам можно проверить правильность эпюры поперечной силы / изгибающего момента (указать все известные признаки)?	ОПК-1.2.1.
114 В каких сечениях изгибающий момент достигает экстремального значения?	ОПК-1.2.1.
115 Запишите условия статической эквивалентности для изгибающего момента / поперечной силы.	ОПК-1.2.1.
116 На каких допущениях построена теория нормальных напряжений при чистом изгибе (перечислить)?	ОПК-1.2.1.
117 В чем суть гипотезы о не надавливании слоев (не взаимодействия волокон)?	ОПК-1.2.1.
118 Запишите формулу для нормального напряжения при чистом изгибе.	ОПК-1.2.1.
119 Что такое нейтральная (нулевая) линия?	ОПК-1.2.1.
120 Как изменяются по высоте поперечного сечения балки нормальные напряжения при плоском изгибе (показать на рисунке)?	ОПК-1.2.1.
121 Какая величина называется осевым моментом сопротивления сечения и какова ее размерность?	ОПК-1.2.1.
122 Запишите условие прочности по нормальным напряжениям для балок из пластичных материалов / для материалов, по-разному работающих при напряжении и сжатии. Какие задачи можно решать с помощью этого условия?	ОПК-1.2.1.
123 На каких допущениях базируется элементарная теория касательных напряжений при изгибе?	ОПК-1.2.1.

124 Запишите формулу для вычисления касательных напряжений при поперечном изгибе балки (формулу Журавского), поясните смысл и размерность используемых величин.	ОПК-1.2.1.
125 Как распределяются касательные напряжения по высоте балки прямоугольного поперечного сечения (показать на рисунке), чему равны максимальные касательные напряжения?	ОПК-1.2.1.
126 В каких точках двутаврового сечения проверяется прочность по (с учетом) касательных напряжений?	ОПК-1.2.1.
127 Что называется прогибом, углом поворота сечения (пояснить рисунком)? Как связаны между собой прогиб и угол поворота сечения балки? (укажите систему координат, для которой записано это уравнение)	ОПК-1.2.1.
128 Какая величина называется жесткостью поперечного сечения балки при изгибе?	ОПК-1.2.1.
129 Запишите приближенное дифференциальное уравнение изогнутой оси балки (обязательно указать выбор системы координат), назовите используемые величины и их размерность.	ОПК-1.2.1.
130 Какие гипотезы сопротивления материалов использованы при выводе приближенного дифференциального уравнения изогнутой оси балки?	ОПК-1.2.1.
131 Что такое граничные условия при интегрировании приближенного дифференциального уравнения изогнутой оси балки?	ОПК-1.2.1.
132 Опишите последовательность действий для определения внутренних усилий в стержне методом сечений.	ОПК-1.2.1.
133 Опишите последовательность действий при расчете статически определимой системы на прочность.	ОПК-1.2.1.

Для очной формы обучения, для заочной формы обучения, кроме специализации «Строительство дорог промышленного транспорта», **Модуль 2.**

1. Что понимается под сложным сопротивлением (сложной деформацией)?	ОПК-1.2.1.
2. В каком случае изгиб называется пространственным (сложным)? При каком способе нагружения реализуется пространственный (сложный) изгиб?	ОПК-1.2.1.
3. Запишите формулу, по которой вычисляются нормальные напряжения при пространственном изгибе стержня.	ОПК-1.2.1.
4. Запишите условие прочности при пространственном изгибе стержня для сечения произвольной формы.	ОПК-1.2.1.
5. Как можно записать условие прочности при пространственном изгибе стержня прямоугольного поперечного сечения (частный случай)?	ОПК-1.2.1.
6. Как приложена нагрузка, под действием которой стержень находится в условиях косоугольного изгиба?	ОПК-1.2.1.
7. Как связаны между собой изгибающие моменты при косоугольном изгибе?	ОПК-1.2.1.
8. Запишите формулу для вычисления нормальных напряжений при косоугольном изгибе.	ОПК-1.2.1.
9. Запишите уравнение нейтральной оси при косоугольном изгибе.	ОПК-1.2.1.
10. Как проходит нейтральная линия при косоугольном изгибе? Каково взаимное расположение силовой (линии нагружения) и нейтральной оси при косоугольном изгибе?	ОПК-1.2.1.
11. Чему равно нормальное напряжение в центре тяжести поперечного сечения при косоугольном изгибе? (ответ пояснить)	ОПК-1.2.1.
12. Запишите условия прочности при косоугольном изгибе балок из материала одинаково работающего при растяжении и сжатии / балок из материала	ОПК-1.2.1.



по-разному работающего при растяжении и сжатии для сечения произвольной формы.	
13. Как можно записать условия прочности при косом изгибе для балок прямоугольного сечения (частный случай)?	ОПК-1.2.1.
14. В каких точках поперечного сечения нормальные напряжения при косом изгибе достигают максимальных значений?	ОПК-1.2.1.
15. Как вычисляются перемещения при косом изгибе? Как направлен вектор перемещения при косом изгибе?	ОПК-1.2.1.
16. Может ли балка круглого поперечного сечения находиться в состоянии косоугольного изгиба? (ответ пояснить)	ОПК-1.2.1.
17. При каком способе нагружения реализуется внецентренное растяжение (сжатие)?	ОПК-1.2.1.
18. Запишите формулу для вычисления напряжения при внецентренном действии нагрузок	ОПК-1.2.1.
19. Запишите уравнение нейтральной линии при внецентренном растяжении (сжатии)	ОПК-1.2.1.
20. Запишите условие прочности при внецентренном действии нагрузок для материалов, одинаково работающих при растяжении и сжатии / по-разному работающих при растяжении и сжатии.	ОПК-1.2.1.
21. Какие точки стержня являются опасными при внецентренном растяжении (сжатии)?	ОПК-1.2.1.
22. Чему равно нормальное напряжение в центре тяжести поперечного сечения при внецентренном растяжении (сжатии)?	ОПК-1.2.1.
23. Что такое «ядро сечения»?	ОПК-1.2.1.
24. Покажите на рисунке ядро сечения для прямоугольника со сторонами $b, h$ / для круга радиусом $r$ .	ОПК-1.2.1.
25. Как проходит нейтральная линия, если сила приложена в ядре сечения / за пределами ядра сечения / на границе ядра сечения? Ответ проиллюстрировать рисунком.	ОПК-1.2.1.
26. При каком способе нагружения реализуется изгиб с растяжением - сжатием?	ОПК-1.2.1.
27. Как записывается условие прочности при изгибе с кручением круглого стержня по I / II / III / IV гипотезе прочности?	ОПК-1.2.1.
28. Какие точки являются опасными при изгибе с кручением стержня круглого сечения (пояснить рисунком)?	ОПК-1.2.1.
29. Дайте определение понятиям обобщенная сила, обобщенное перемещение. Как связаны между собой обобщенная сила и обобщенное перемещение?	ОПК-1.2.1.
30. Приведите примеры (3-4 примера) обобщенных сил и соответствующих им обобщенных перемещений.	ОПК-1.2.1.
31. Сформулируйте теорему Кастильяно (формула и словесно).	ОПК-1.2.1.
32. Сформулируйте теорему Клапейрона. Почему в теореме Клапейрона появляется множитель 0,5?	ОПК-1.2.1.
33. Запишите выражение для потенциальной энергии упругой деформации произвольно нагруженного пространственного стержня?	ОПК-1.2.1.
34. При каком выборе системы координат справедлива формула для потенциальной энергии упругой деформации стержня?	ОПК-1.2.1.
35. Запишите интеграл Мора в общем виде. Поясните смысл входящих в него величин.	ОПК-1.2.1.
36. Запишите формулу для определения потенциальной энергии упругой деформации стержня при плоском изгибе / кручении / осевой деформации?	ОПК-1.2.1.

37. Как определить величину перемещения центра тяжести сечения (прогиба) балки / поворот заданного сечения балки при плоском поперечном изгибе методом Мора? Указать последовательность действий. Какое правило знаков для перемещений принято в методе Мора?	ОПК-1.2.1.
38. Почему при определении перемещений при плоском изгибе по методу Мора слагаемым, содержащим поперечную силу, обычно пренебрегают?	ОПК-1.2.1.
39. Запишите формулу Симпсона / формулу трапеции / правило Верещагина для вычисления интеграла Мора.	ОПК-1.2.1.
40. В каком случае стержневые системы называются статически определимыми, статически неопределимыми? Что такое степень статической неопределимости?	ОПК-1.2.1.
41. В каком случае стержневые системы называются геометрически неизменяемыми, геометрически изменяемыми?	ОПК-1.2.1.
42. Что понимают под основной системой метода сил?	ОПК-1.2.1.
43. Что такое "лишние связи"? По отношению к чему они лишние?	ОПК-1.2.1.
44. Запишите каноническое уравнение метода сил для один раз статически неопределимой балки. Что означает ноль в правой части канонического уравнения метода сил?	ОПК-1.2.1.
45. Поясните смысл величины $\delta_{11}$ ( $\Delta_{1F}$ ), входящей в каноническое уравнение метода сил. Как она вычисляется?	ОПК-1.2.1.
46. Каков физический смысл канонических уравнений метода сил?	ОПК-1.2.1.
47. Как проверить правильность расчета статически неопределимой системы?	ОПК-1.2.1.
48. В чем заключается кинематическая (деформационная) проверка эпюр внутренних усилий в статически неопределимых балках?	ОПК-1.2.1.
49. Может ли эпюра изгибающего момента в статически неопределимой балке быть однозначной? Ответ пояснить	ОПК-1.2.1.
50. Как определяются перемещения в статически неопределимых балках по методу Мора?	ОПК-1.2.1.
51. Когда конструкция считается устойчивой?	ОПК-1.2.1.
52. Что понимается под потерей устойчивости сжатого стержня?	ОПК-1.2.1.
53. В каком случае форма равновесия называется устойчивой / неустойчивой / безразличной?	ОПК-1.2.1.
54. Что такое критическая сила сжатого стержня?	ОПК-1.2.1.
55. Запишите формулу для гибкости стержня.	ОПК-1.2.1.
56. Как классифицируются стержни по их гибкости? Что такое $\lambda_0$ , $\lambda_{пр}$ ?	ОПК-1.2.1.
57. Как определяется предельная гибкость для материала?	ОПК-1.2.1.
58. Чему равны критические напряжения, если гибкость стержня равна предельной?	ОПК-1.2.1.
59. Что такое "приведенная длина стержня"?	ОПК-1.2.1.
60. От чего зависит величина коэффициента приведения длины?	ОПК-1.2.1.
61. Запишите формулу Эйлера / формулу Ясинского для критической силы.	ОПК-1.2.1. ОПК-1.3.1.
62. Запишите формулу для вычисления критической силы, если возникающие напряжения не превосходят предела пропорциональности	ОПК-1.2.1.
63. При каких напряжениях теряют устойчивость стержни большой гибкости? Запишите формулу, по которой определяется для них критическая сила.	ОПК-1.2.1.
64. При каких напряжениях теряют устойчивость стержни средней гибкости? Запишите формулу, по которой определяется для них критическая сила?	ОПК-1.2.1.

65. Можно ли пользоваться формулой Эйлера за пределом пропорциональности материала? Ответ пояснить.	ОПК-1.2.1.
66. Запишите условие устойчивости сжатого стержня. Какие задачи оно позволяет решать?	ОПК-1.2.1.
67. В каких пределах находится величина коэффициента понижения основного допускаемого напряжения (коэффициент продольного изгиба), от чего этот коэффициент зависит?	ОПК-1.2.1.
68. Как определяется допускаемое напряжение на устойчивость?	ОПК-1.2.1.
69. Какие поперечные сечения считаются наиболее рациональными для центрально сжатых стержней?	ОПК-1.2.1.
70. В каком случае нагрузки считаются динамическими / статическими?	ОПК-1.2.1.
71. Сформулируйте принцип Даламбера.	ОПК-1.2.1.
72. Что такое "динамический коэффициент"?	ОПК-1.2.1.
73. Как определяются динамические напряжения и перемещения при ударе?	ОПК-1.2.1.
74. Какие допущения принимаются при выводе формулы для динамического коэффициента при продольном ударе?	ОПК-1.2.1.
75. Запишите формулу для вычисления динамического коэффициента при подъеме груза с ускорением / при поперечном ударе / при продольном ударе.	ОПК-1.2.1.
76. Каково значение динамического коэффициента при внезапном приложении нагрузки? Ответ обосновать.	ОПК-1.2.1.
77. Как вычисляется динамический коэффициент при продольном ударе, если известна скорость груза в момент удара?	ОПК-1.2.1.
78. Как изменятся динамические напряжения в стержне при продольном ударе, если при прочих равных условиях использовать материал с большим модулем Юнга (ответ обосновать)?	ОПК-1.2.1.
79. Как изменятся динамические напряжения в стержне при продольном ударе, если при прочих равных условиях увеличить его длину (ответ обосновать)?	ОПК-1.2.1.
80. Дайте определение понятию «усталость материала».	ОПК-1.2.1.
81. Что такое цикл напряжений?	ОПК-1.2.1.
82. Могут ли при постоянной внешней силе возникать переменные напряжения? Если да, то приведите примеры.	ОПК-1.2.1.
83. Перечислите характеристики цикла.	ОПК-1.2.1.
84. Что такое коэффициент асимметрии цикла?	ОПК-1.2.1.
85. Изобразите временную диаграмму цикла с коэффициентом асимметрии равным -1.	ОПК-1.2.1.
86. Какой цикл называется симметричным / асимметричным / знакопеременным / знакопостоянным (проиллюстрируйте графиком)?	ОПК-1.2.1.
87. Какие циклы считаются подобными?	ОПК-1.2.1.
88. Какое свойство называется выносливостью материала? Что такое предел выносливости?	ОПК-1.2.1.
89. Что называют кривой Вёлера? Укажите её вид.	ОПК-1.2.1. ОПК-1.3.1.
90. Какие факторы влияют на величину предела выносливости?	ОПК-1.2.1.
91. Как влияет качество обработки поверхности на величину предела выносливости детали?	ОПК-1.2.1.
92. Как влияют абсолютные размеры поперечного сечения детали на величину предела выносливости?	ОПК-1.2.1.

93. Чем принципиально отличается расчет по предельным состояниям от расчета по допускаемым напряжениям?	ОПК-1.2.1.
94. Что понимают под предельным состоянием системы?	ОПК-1.2.1.
95. Какое состояние системы считается опасным при расчете по методу допускаемых?	ОПК-1.2.1.
96. Какое состояние системы считается предельным при расчете по методу предельных (разрушающих) нагрузок?	ОПК-1.2.1.
97. Для каких материалов можно использовать расчет по методу предельных нагрузок?	ОПК-1.2.1.
98. Изобразите диаграмму Прандтля. Какие характерные участки можно на ней выделить?	ОПК-1.2.1.
99. Какое состояние считается предельным для сечения при осевой деформации? Нарисуйте эпюру нормальных напряжений в сечении в предельном состоянии.	ОПК-1.2.1.
100. В случае осевой деформации отличаются ли результаты расчета по допускаемым напряжениям и по предельному состоянию для статически определимых систем? Ответ пояснить.	ОПК-1.2.1.
101. Какое состояние считается предельным для сечения при кручении? Нарисуйте эпюру касательных напряжений в сечении в предельном состоянии.	ОПК-1.2.1.
102. Отличаются ли результаты расчета по допускаемым напряжениям и по предельным нагрузкам для статически определимых систем, работающих на кручение? Ответ пояснить.	ОПК-1.2.1.
103. Какое состояние считается предельным для сечения при плоском изгибе? Нарисуйте эпюру нормальных напряжений в предельном состоянии.	ОПК-1.2.1.
104. Почему в статически определимых системах при кручении проводится расчет по предельным состояниям, а при осевой деформации – нет?	ОПК-1.2.1.
105. Как вычисляется пластический момент сопротивления при изгибе?	ОПК-1.2.1.
106. Что такое "пластический шарнир"?	ОПК-1.2.1.
107. Как проходит нейтральная линия в поперечном сечении балки в предельном состоянии при плоском изгибе?	ОПК-1.2.1.

### Перечень и содержание экзаменационных задач

1. **Экзаменационная задача Э-1.** Подбор сечения прямоосного ступенчатого стержня при осевой деформации.

Прямоосный ступенчатый стержень нагружен осевыми силами  $F_i$  и/или равномерно распределенной нагрузкой  $q$ .

Требуется:

1. Построить эпюру продольной силы.
2. Подобрать площадь поперечного сечения каждого участка стержня.
3. Вычислить перемещение заданной точки оси стержня.

2. **Экзаменационная задача Э-2.** Подбор сечения статически определимой балки при плоском изгибе и проверка прочности по касательным напряжениям.

Статически определимая балка нагружена равномерно распределенной нагрузкой  $q$  и/или сосредоточенными силами  $F_i$  и/или моментами  $M_j$ .

Требуется:

1. Построить эпюры изгибающего момента и поперечной силы.
2. Подобрать поперечное сечение балки в виде двутавра.
3. Проверить прочность балки по касательным напряжениям.

**3. Экзаменационная задача Э-3.** Подбор сечения круглого вала по условиям прочности и жесткости.

Для нагруженного крутящими моментами вала требуется:

1. Из условия равновесия найти недостающий момент.
2. Построить эпюру крутящего момента.
3. Подобрать диаметр сплошного вала кругового сечения по условиям прочности и жесткости.
4. Построить эпюру углов закручивания, приняв в качестве неподвижного левое крайнее сечение.

**4. Экзаменационная задача Э-4.** Определение перемещений при изгибе балки методом Мора.

Статически определимая балка заданной изгибной жесткости нагружена равномерно распределенной нагрузкой, сосредоточенными силами и моментами.

Требуется:

1. Построить эпюры изгибающего момента и поперечной силы от заданной нагрузки.
2. Подобрать поперечное сечение балки в форме двутавра.
3. Определить прогиб и угол поворота заданного сечения, используя графоаналитические приемы вычисления интеграла Мора (прием Верещагина, формулы трапеций и Симпсона).

**5. Экзаменационная задача Э-5.**

Расчет один раз статически неопределимой балки на прочность по допускаемым напряжениям.

Для заданной схемы балки требуется:

1. Раскрыть статическую неопределимость задачи с помощью метода сил.
2. Построить эпюры изгибающего момента и поперечной силы.
3. Сделать деформационную и статическую проверки.

Подобрать поперечное сечение балки в виде двутавра.

**6. Экзаменационная задача Э-6.** Определение несущей способности центрально-сжатого стержня. Для заданной схемы сжатого стержня и поперечного сечения требуется определить:

- 1) Величину допускаемой нагрузки.
- 2) Критическую силу.
- 3) Коэффициент запаса устойчивости.

**Экзаменационная задача Э-7.** Внецентренное растяжение (сжатие) стержня

На стержень заданного поперечного сечения в точке С действует сжимающая сила  $F$ .

1. Определить величину допускаемой нагрузки  $[F]$ .
2. Найти и показать положение нейтральной оси.
3. Построить эпюру нормальных напряжений.

### Состав экзаменационного билета

Для **очной** формы обучения

**Модуль 1:**

- 1) Экзаменационная задача Э-2 и одна из задач Э-1, Э-3.
- 2) 10 вопросов из перечня вопросов к экзамену.

**Модуль 2**

- 1) Экзаменационная задача Э-5 и одна из задач Э-4, Э-6, Э-7.
- 2) 10 вопросов из перечня вопросов к экзамену.

Для **заочной** формы обучения (кроме специализации «Строительство дорог промышленного транспорта»)

**Модуль 1:**

- 1) Экзаменационная задача Э-2
- 2) 5 вопросов из перечня вопросов к экзамену.

**Модуль 2:**

- 1) Экзаменационная задача Э-5 или Э-4, или Э-6.
- 2) 5 вопросов из перечня вопросов к экзамену.

### 3. Описание показателей и критериев оценивания индикаторов достижения компетенций, описание шкал оценивания

Показатель оценивания – описание оцениваемых основных параметров процесса или результата деятельности.

Критерий оценивания – признак, на основании которого проводится оценка по показателю.

Шкала оценивания – порядок преобразования оцениваемых параметров процесса или результата деятельности в баллы.

Показатели, критерии и шкала оценивания заданий текущего контроля приведены в таблицах 3.1, 3.2, 3.3, 3.4.

Т а б л и ц а 3.1

Для очной формы обучения, Модуль 1.

№ п/п	Материалы, необходимые для оценки индикатора достижения компетенции	Показатель оценивания	Критерии оценивания	Шкала оценивания
1	Расчетно-графические работы РГР 1, 2, 3	Правильность решения задач	Все задачи расчетно- графической работы решены верно	50
2	Тесты по лабораторным работам ТЛ 1, 2, 3	Прохождение компьютерного тестирования	Даны правильные ответы на ≥60% вопросов теста	
3	Итоговый семестровый тест № 1	Правильность ответа на вопрос (10 вопросов)	Получен правильный ответ на вопрос	2
			Получен неправильный ответ на вопрос или ответа нет	0
		Итого количество баллов за Итоговый семестровый тест № 1 (2×10)		20
ИТОГО максимальное количество баллов				70

Т а б л и ц а 3.2

Для очной формы обучения, Модуль 2.

№ п/п	Материалы, необходимые для оценки индикатора достижения компетенции	Показатель оценивания	Критерии оценивания	Шкала оценивания
1	Расчетно-графические работы РГР 4, 5, 6	Правильность решения задач	Все задачи расчетно-графической работы решены верно	50
2	Тесты по лабораторным работам ТЛ 4, 5, 6	Прохождение компьютерного тестирования	Даны правильные ответы на $\geq 60\%$ вопросов теста	
3	Итоговый семестровый тест №2	Правильность ответа на вопрос	Получен правильный ответ на вопрос	1,33

№ п/п	Материалы, необходимые для оценки индикатора достижения компетенции	Показатель оценивания	Критерии оценивания	Шкала оценивания
		(15 вопросов)	Получен неправильный ответ на вопрос или ответа нет	0
		Итого количество баллов за Итоговый семестровый тест № 2 (1,33×15)		20
ИТОГО максимальное количество баллов				70

Т а б л и ц а 3.3

Для заочной формы обучения, Модуль 1.

№ п/п	Материалы, необходимые для оценки индикатора достижения компетенции	Показатель оценивания	Критерии оценивания	Шкала оценивания
1	Контрольные работы № 1, 2	Правильность решения	Все задачи контрольных работ решены верно	50
2	Расчетно-графическая работа № 1	Правильность решения задач	Задача решена правильно	10
			Задача решена с мелкими ошибками	5-9
			Работа выполнена с грубыми ошибками или не решена	0
		Итого максимальное количество баллов за расчетно-графическую работу № 1		10
3	Итоговый семестровый тест № 1	Правильность ответа на вопрос (10 вопросов)	Получен правильный ответ на вопрос	1
			Получен неправильный ответ на вопрос или ответа нет	0
		Итого количество баллов за Итоговый семестровый тест № 1 (1×10)		10
ИТОГО максимальное количество баллов				70

Т а б л и ц а 3.4

Для заочной формы обучения, Модуль 2.

№ п/п	Материалы, необходимые для оценки индикатора достижения компетенции	Показатель оценивания	Критерии оценивания	Шкала оценивания
1	Контрольные работы № 3, 4	Правильность решения	Все задачи контрольных работ решены верно	50
2	Расчетно-графическая работа № 2	Правильность решения задач	Задача решена правильно	10
			Задача решена с мелкими ошибками	5-9
			Работа выполнена с грубыми ошибками или не решена	0

№ п/п	Материалы, необходимые для оценки индикатора достижения компетенции	Показатель оценивания	Критерии оценивания	Шкала оценивания
		Итого максимальное количество баллов за расчетно-графическую работу № 2		10
3	Итоговый семестровый тест № 2	Правильность ответа на вопрос (10 вопросов)	Получен правильный ответ на вопрос	1
			Получен неправильный ответ на вопрос или ответа нет	0
		Итого количество баллов за Итоговый семестровый тест № 2 (1×10)		10
ИТОГО максимальное количество баллов				70

#### 4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов достижения компетенций

Процедура оценивания индикаторов достижения компетенций представлена в таблицах 4.1, 4.2, 4.3, 4.4.

##### Формирование рейтинговой оценки по дисциплине

Т а б л и ц а 4.1. Для очной формы обучения, Модуль 1.

Вид контроля	Материалы, необходимые для оценки индикатора достижения компетенции	Максимальное количество баллов в процессе оценивания	Процедура оценивания
1. Текущий контроль успеваемости	Расчетно-графические работы РГР 1,2,3. Тесты по лабораторным работам ТЛ 1, 2, 3 Итоговый семестровый тест № 1	70	Количество баллов определяется в соответствии с таблицей 3.1 Допуск к экзамену ≥ 50 баллов
2. Промежуточная аттестация	Перечень вопросов экзамену, экзаменационные задачи	30	– получены полные ответы на вопросы, решены экзаменационные задачи – 25-30 баллов; – получены достаточно полные ответы на вопросы, решены экзаменационные задачи с мелкими ошибками – 20-24 балла; – получены неполные ответы на вопросы или часть вопросов, экзаменационные задачи решены с мелкими ошибками – 11-20 баллов; – не получены ответы на вопросы или вопросы не раскрыты, задачи не решены 0 – 10 баллов.
<b>ИТОГО</b>		<b>100</b>	



Вид контроля	Материалы, необходимые для оценки индикатора достижения компетенции	Максимальное количество баллов в процессе оценивания	Процедура оценивания
<b>3. Итоговая оценка</b>	«Отлично» - 86-100 баллов «Хорошо» - 75-85 баллов «Удовлетворительно» - 60-74 баллов «Неудовлетворительно» - менее 59 баллов (вкл.)		

Процедура проведения экзамена осуществляется в форме письменных ответов на вопросы экзаменационного билета и решения экзаменационных задач. Билет на экзамен содержит 10 вопросов из перечня вопросов промежуточной аттестации п.2 и две экзаменационные задачи.

Т а б л и ц а 4.2. Для очной формы обучения, Модуль 2.

Вид контроля	Материалы, необходимые для оценки индикатора достижения компетенции	Максимальное количество баллов в процессе оценивания	Процедура оценивания
1. Текущий контроль успеваемости	Расчетно-графические работы РГР 4,5,6. Тесты по лабораторным работам ТЛ 4,5,6 Итоговый семестровый тест № 2	70	Количество баллов определяется в соответствии с таблицей 3.1 Допуск к экзамену $\geq 50$ баллов
2. Промежуточная аттестация	Перечень вопросов экзамену, экзаменационные задачи	30	– получены полные ответы на вопросы, решены экзаменационные задачи – 25-30 баллов; – получены достаточно полные ответы на вопросы, решены экзаменационные задачи с мелкими ошибками – 20-24 балла; – получены неполные ответы на вопросы или часть вопросов, экзаменационные задачи решены с мелкими ошибками – 11-20 баллов; – не получены ответы на вопросы или вопросы не раскрыты, задачи не решены 0 – 10 баллов.
<b>ИТОГО</b>		<b>100</b>	
<b>3. Итоговая оценка</b>	«Отлично» - 86-100 баллов «Хорошо» - 75-85 баллов «Удовлетворительно» - 60-74 баллов «Неудовлетворительно» - менее 59 баллов (вкл.)		

Процедура проведения экзамена осуществляется в форме письменных ответов на вопросы экзаменационного билета и решения экзаменационных задач. Билет на экзамен содержит 10 вопросов из перечня вопросов промежуточной аттестации п.2 и две экзаменационные задачи.

Т а б л и ц а 4.3. Для заочной формы обучения, Модуль 1.

Вид контроля	Материалы, необходимые для оценки индикатора достижения компетенции	Максимальное количество баллов в процессе оценивания	Процедура оценивания
1. Текущий контроль успеваемости	Контрольные работы № 1, 2 Расчетно-графическая работа №1 Итоговый семестровый тест № 1	70	Количество баллов определяется в соответствии с таблицей 3.1 Допуск к зачету/экзамену $\geq 50$ баллов
2. Промежуточная аттестация	Перечень вопросов экзамену, экзаменационная задача	30	<ul style="list-style-type: none"> <li>– получены полные ответы на вопросы, решена экзаменационная задача – 25-30 баллов;</li> <li>– получены достаточно полные ответы на вопросы, решена экзаменационная задача с мелкими ошибками – 20-24 балла;</li> <li>– получены неполные ответы на вопросы или часть вопросов, экзаменационная задача решена с мелкими ошибками – 11-20 баллов;</li> <li>– не получены ответы на вопросы или вопросы не раскрыты, задача не решена – 0-10 баллов.</li> </ul>
<b>ИТОГО</b>		<b>100</b>	
<b>3. Итоговая оценка</b>	«Отлично» - 86-100 баллов «Хорошо» - 75-85 баллов «Удовлетворительно» - 60-74 баллов «Неудовлетворительно» - менее 59 баллов (вкл.)		

Процедура проведения экзамена осуществляется в форме письменных ответов на вопросы экзаменационного билета и решения экзаменационной задачи. Билет на экзамен содержит 5 вопросов из перечня вопросов промежуточной аттестации п.2 и одну экзаменационную задачу.

Т а б л и ц а 4.4 Для заочной формы обучения, Модуль 2.

Вид контроля	Материалы, необходимые для оценки индикатора достижения компетенции	Максимальное количество баллов в процессе оценивания	Процедура оценивания
1. Текущий контроль успеваемости	Контрольные работы № 3,4 Расчетно-графическая работа № 2 Итоговый семестровый тест № 2	70	Количество баллов определяется в соответствии с таблицей 3.1 Допуск к зачету/экзамену $\geq 50$ баллов

Вид контроля	Материалы, необходимые для оценки индикатора достижения компетенции	Максимальное количество баллов в процессе оценивания	Процедура оценивания
2. Промежуточная аттестация	Перечень вопросов экзамену, экзаменационная задача	30	<ul style="list-style-type: none"> <li>– получены полные ответы на вопросы, решена экзаменационная задача – 25-30 баллов;</li> <li>– получены достаточно полные ответы на вопросы, решена экзаменационная задача с мелкими ошибками – 20-24 балла;</li> <li>– получены неполные ответы на вопросы или часть вопросов, экзаменационная задача решена с мелкими ошибками – 11-20 баллов;</li> <li>– не получены ответы на вопросы или вопросы не раскрыты, задача не решена – 0 – 10 баллов.</li> </ul>
<b>ИТОГО</b>		<b>100</b>	
<b>3. Итоговая оценка</b>	«Отлично» - 86-100 баллов «Хорошо» - 75-85 баллов «Удовлетворительно» - 60-74 баллов «Неудовлетворительно» - менее 59 баллов (вкл.)		

Процедура проведения экзамена осуществляется в форме письменных ответов на вопросы экзаменационного билета и решения экзаменационной задачи. Билет на экзамен содержит 5 вопросов из перечня вопросов промежуточной аттестации п.2 и одну экзаменационную задачу.

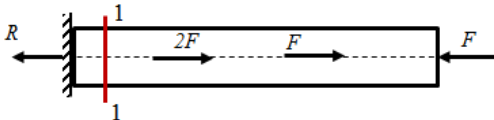
Обучающиеся имеют возможность пройти тестовые задания текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации в Центре тестирования университета.

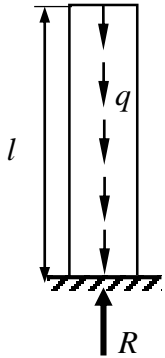
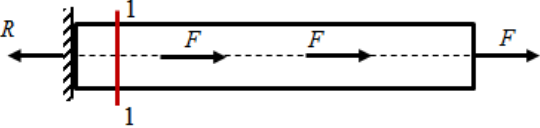
## 5. Оценочные средства для диагностической работы по результатам освоения дисциплины

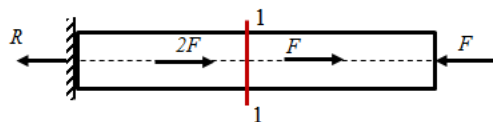
Проверка остаточных знаний обучающихся по дисциплине ведется с помощью оценочных материалов текущего и промежуточного контроля по проверке знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих индикаторы достижения компетенций.

Оценочные задания для формирования диагностической работы по результатам освоения дисциплины (модуля) приведены в таблице 5.1

Т а б л и ц а 5.1

Индикатор достижения компетенции Знает - 1; Умеет- 2; Опыт деятельности - 3 (владеет/ имеет навыки)	Содержание задания	Варианты ответа на вопросы тестовых заданий (для заданий закрытого типа)	Эталон ответа
Модуль 1			
<i>ОПК 1 Способен решать инженерные задачи в профессиональной деятельности с использованием методов естественных наук, математического анализа и моделирования.</i>			
ОПК-1.2.1 Умеет решать инженерные задачи в профессиональной деятельности с использованием методов естественных наук	<p>1. Продемонстрируйте умение определять внутренние усилия в элементах строительных конструкций, работающих на растяжение – сжатие. На рисунке показан стержень, нагруженный силами, направленными вдоль оси. <math>F = 10</math> кН. Значение продольной силы в сечении 1-1 равно ...</p>  <p>Введите ответ в кН.</p>		<p>20</p> $N = 2F + F - F = 2 F = 20 \text{ кН}$
	<p>2. Продемонстрируйте умение определять внутренние усилия в элементах строительных конструкций, работающих на растяжение – сжатие. На рисунке показан стержень, нагруженный силами, направленными вдоль оси. <math>F = 10</math> кН. Значение продольной силы в сечении 1-1 равно ...</p>  <p>Введите ответ в кН.</p>		<p>10</p> $N = 2F - F = F = 10 \text{ кН}$

<p>3. Продемонстрируйте умение определять опорные реакции. Колонна нагружена собственным весом <math>q = 20</math> кН/м, высота колонны <math>l = 2</math> м. Реакция в заделке равна ...</p>	 <p>Введите значение <math>R</math> в кН.</p>		<p>40</p> $R = q \cdot l = 20 \cdot 2 = 40 \text{ кН}$
<p>4. Продемонстрируйте умение определять внутренние усилия в элементах строительных конструкций, работающих на растяжение – сжатие. На рисунке показан стержень, нагруженный силами, направленными вдоль оси. <math>F = 10</math> кН. Значение продольной силы в сечении 1-1 равно ...</p>	 <p>Введите ответ в кН.</p>		<p>30</p> $N = F + F + F = 3F = 30 \text{ кН}$
<p>5. Продемонстрируйте умение определять внутренние усилия в элементах строительных конструкций, работающих на растяжение – сжатие. На рисунке показан стержень, нагруженный силами, направленными вдоль оси. <math>F = 15</math> кН. Значение продольной силы в сечении 1-1 равно ...</p>			<p>0</p> $N = F - F = 0 \text{ кН}$



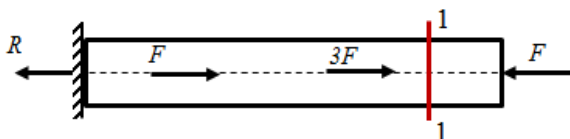
Введите ответ в кН.

6. Продемонстрируйте умение определять внутренние усилия в элементах строительных конструкций, работающих на растяжение – сжатие. На рисунке показан стержень, нагруженный силами, направленными вдоль оси.  $F = 15$  кН. Значение продольной силы в сечении 1-1 равно ...



Введите ответ в кН.

7. Продемонстрируйте умение определять внутренние усилия в элементах строительных конструкций, работающих на растяжение – сжатие. На рисунке показан стержень, нагруженный силами, направленными вдоль оси.  $F = 20$  кН. Значение продольной силы в сечении 1-1 равно ...



Введите ответ в кН.

8. Продемонстрируйте умение определять опорные реакции. На рисунке показан стержень, нагруженный силами, направленными вдоль оси.  $F = 10$  кН. Реакция R в заделке равна ...

30

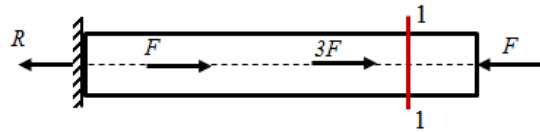
$$N = 3F - F = 2F = 30 \text{ кН}$$

-20

$$N = -F = -20 \text{ кН}$$

30

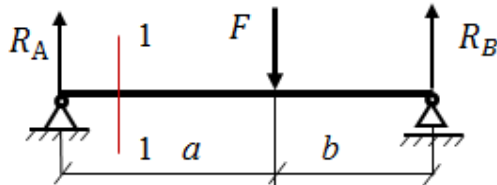
$$R = 3F + F - F = 3F = 30 \text{ кН}$$



Введите ответ в кН.

10. Продемонстрируйте умение определять внутренние усилия в элементах строительных конструкций. Расчетная схема главной балки мостового крана представлена в виде однопролетной балки, нагруженной силой  $F = 60$  кН,  $a = 3$  м,  $b = 2$  м.

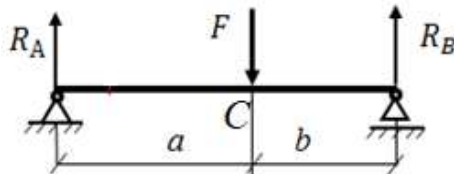
Поперечная сила в сечении 1 – 1 равна ...



Введите значение по модулю в кН.

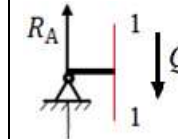
11. Продемонстрируйте умение определять внутренние усилия в элементах строительных конструкций. Расчетная схема главной балки мостового крана представлена в виде однопролетной балки, нагруженной силой  $F = 60$  кН,  $a = 3$  м,  $b = 2$  м.

Изгибающий момент в сечении С равен ...



Введите значение в кНм.

24

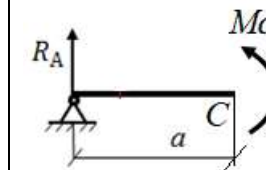


$$Q = R_A$$

$$R_A = \frac{Fb}{(a+b)} = \frac{60 \cdot 2}{5} = 24 \text{ кН}$$

$$Q = 24 \text{ кН}$$

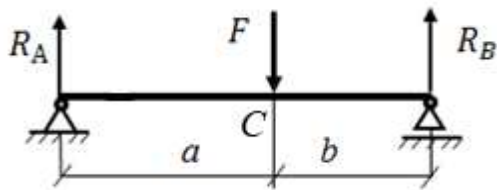
72



$$R_A = \frac{Fb}{(a+b)} = \frac{60 \cdot 2}{5} = 24 \text{ кН}$$

$$M_C = R_A \cdot a = 24 \cdot 3 = 72 \text{ кНм}$$

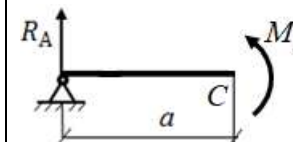
12. Проявите умение определять внутренние усилия в элементах строительных конструкций. Расчетная схема главной балки мостового крана представлена в виде однопролетной балки, нагруженной силой  $F = 40$  кН,  $a = 3$  м,  $b = 2$  м. Изгибающий момент в сечении  $C$  равен ... кНм.



Введите ответ

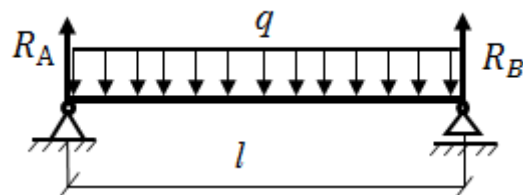
48

$$R_A = \frac{Fb}{(a+b)} = \frac{40 \cdot 2}{5} = 16 \text{ кН}$$



$$M_C = R_A \cdot a = 16 \cdot 3 = 48 \text{ кНм}$$

13. Проявите умение определять опорные реакции в закреплениях. Шарнирно-опертая балка загружена равномерно распределенной нагрузкой  $q = 10$  кН/м,  $l = 4$  м. Реакция  $R_A = \dots$



Введите ответ в кН.

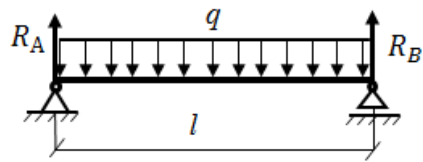
20

$$R_A = \frac{q \cdot l \cdot 0,5l}{l} = \frac{q \cdot l}{2} = 20 \text{ кН}$$

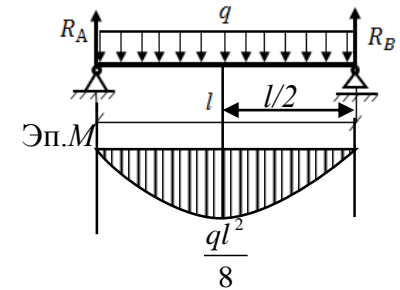
14. Проявите умение определять внутренние усилия в элементах строительных конструкций. Балка длиной  $l = 4$  м загружена равномерно распределенной нагрузкой  $q = 10$  кН/м. Значение максимального изгибающего момента равно ...

20





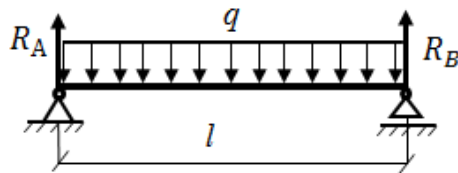
Введите ответ в кНм.



$$R_A = R_B = \frac{ql}{2} = 20 \text{ кН}$$

$$M_{\max} = R_A \cdot \frac{l}{2} - q \cdot \frac{l}{2} \cdot \frac{l}{4} = \frac{ql^2}{8} = 20 \text{ кНм}$$

15. Продемонстрируйте умение определять опорные реакции в закреплениях.  
Однопролетная балка нагружена равномерно распределенной нагрузкой  $q = 16 \text{ кН/м}$ ,  $l = 2 \text{ м}$ .  
Реакция  $R_B$  равна ...



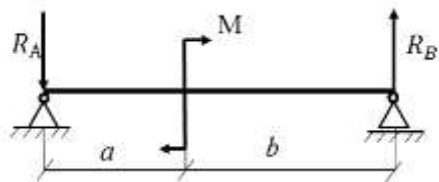
Введите ответ в кН.

$$R_B = \frac{q \cdot l \cdot 0,5l}{l} = \frac{q \cdot l}{2} = 16 \text{ кН}$$

16. Продемонстрируйте умение определять опорные реакции в закреплениях.  
Однопролетная балка нагружена моментом  $M = 50 \text{ кНм}$ ,  $a = 2 \text{ м}$ ,  $b = 3 \text{ м}$ . Реакция  $R_A$  равна ...

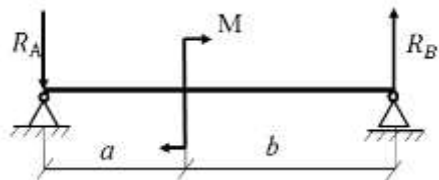
10

$$R_A = \frac{M}{(a+b)} = \frac{50}{5} = 10 \text{ кНм}$$



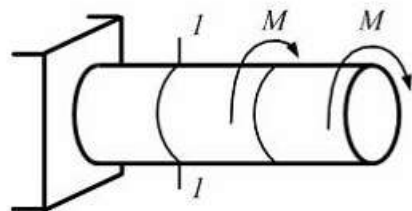
Введите ответ в кН.

17. Продемонстрируйте умение определять опорные реакции в закреплениях.  
Однопролетная балка нагружена моментов  $M = 60$  кНм,  $a = 2$  м,  $b = 3$  м. Реакция  $R_B$  равна ...



Введите ответ в кН.

18. Продемонстрируйте умение определять внутренние усилия в элементах строительных конструкций.  
Вал, представленный на рисунке, загружен двумя моментами  $M = 40$  кНм. Крутящий момент в сечении 1 – 1 по абсолютному значению равен ... кНм



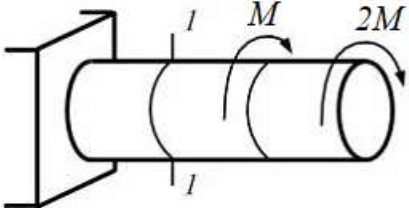
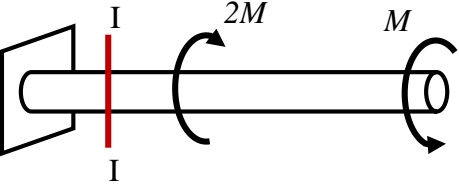
Введите ответ.

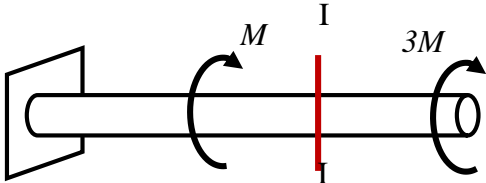
12

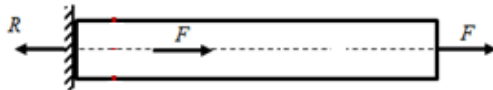
$$R_B = \frac{M}{(a+b)} = \frac{60}{5} = 12 \text{ кН}$$

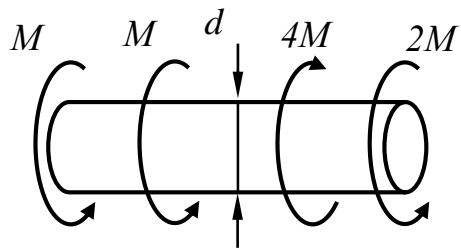
80

$$M_{1-1} = 2M = 40 \cdot 2 = 80 \text{ кНм}$$

	<p>19. Продемонстрируйте умение определять внутренние усилия в элементах строительных конструкций.</p> <p>Вал, представленный на рисунке, загружен двумя моментами <math>M = 20</math> кНм. Крутящий момент в сечении 1 – 1 по абсолютному значению равен ... кНм</p>  <p>Введите ответ.</p>		<p>60</p> $M_{1-1} = 2M + M = 20 \cdot 3 = 60 \text{ кНм}$
	<p>20. Продемонстрируйте умение определять внутренние усилия в элементах строительных конструкций.</p> <p>Вал, представленный на рисунке, загружен двумя моментами <math>M = 40</math> кНм. Крутящий момент в сечении 1 – 1 по абсолютному значению равен ... кНм</p>  <p>Введите ответ.</p>		<p>40</p> $M_{1-1} = 2M - M = 40 \text{ кНм}$
	<p>21. Продемонстрируйте умение определять внутренние усилия в элементах строительных конструкций.</p>		<p>30</p> $M_{1-1} = 3M = 30 \text{ кНм}$

	<p>Вал, представленный на рисунке, загружен двумя моментами <math>M = 10</math> кНм. Крутящий момент в сечении 1 – 1 по абсолютному значению равен ... кНм.</p>  <p>Введите ответ.</p>		
	<p>22. Опишите последовательность действий для определения внутренних усилий в стержне методом сечений.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• отбрасываем одну из его частей;</li> <li>• уравниваем рассматриваемую часть стержня;</li> <li>• заменяем действие отброшенной части на оставленную усилием;</li> <li>• рассекаем стержень сечением, перпендикулярным оси;</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) рассекаем стержень сечением, перпендикулярным оси;</li> <li>2) отбрасываем одну из его частей;</li> <li>3) заменяем действие отброшенной части на оставленную усилием;</li> <li>4) уравниваем рассматриваемую часть стержня.</li> </ol>
	<p>23. Опишите последовательность действий при расчете статически определимой системы на прочность.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Построить эпюры внутренних усилий.</li> <li>• Вычислить (если это необходимо) опорные реакции.</li> <li>• Найти внутренние усилия, возникающие в поперечных сечениях каждого участка конструкции от действия внешних нагрузок.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Вычислить (если это необходимо) опорные реакции.</li> <li>2) Найти внутренние усилия, возникающие в поперечных сечениях каждого участка конструкции от действия внешних нагрузок.</li> <li>3) Построить эпюры внутренних усилий.</li> <li>4) Определить положение опасного сечения и опасных точек, где</li> </ol>

		<ul style="list-style-type: none"><li>Записать условие прочности, проверить его выполнение. Определить положение опасного сечения и опасных точек, где напряжения достигают наибольших по абсолютной величине значений.</li></ul>	напряжения достигают наибольших по абсолютной величине значений. Записать условие прочности, проверить его выполнение.
<p>24. Продемонстрируйте умение определять рациональные размеры поперечных сечений элементов конструкций. На рисунке показан стержень с круглым поперечным сечением, нагруженный осевыми силами. Минимально допустимый диаметр поперечного сечения, из расчета на прочность по допускаемым напряжениям, равен ... мм.</p>  <p>Дано: <math>F = 0,025 \text{ МН}</math>, <math>[\sigma] = 160 \text{ МПа}</math></p>		<p>20 мм</p> $A = \frac{\pi d^2}{4} \geq \frac{ N _{\max}}{[\sigma]}$ $N_{\max} = 2F = 0,05 \text{ МН}$ $d = \sqrt{\frac{4 N _{\max}}{\pi[\sigma]}} =$ $= \sqrt{\frac{4 \cdot 0,05 \text{ МН}}{3,14 \cdot 160 \text{ МН} / \text{м}^2}} =$ $= 0,02 \text{ м} = 20 \text{ мм}$	
<p>25. Продемонстрируйте умение определять рациональные размеры поперечных сечений элементов конструкций. Из условия прочности, при заданном значении <math>[\tau]</math>, наименьший допускаемый диаметр вала равен <math>d = \dots \text{ см}</math></p>		<p>20</p> <p>Из условия прочности:</p> $W_p = 0,2d^3 \geq \frac{ M_z _{\max}}{[\tau]}$ $ M_z _{\max} = 2M$	

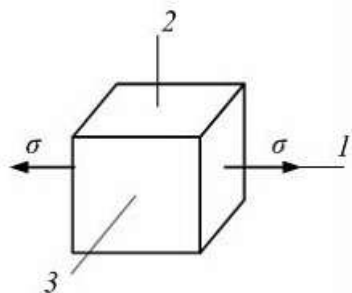


При решении принять  $W_p = 0,2 d^3$ ,  $M = 64$  кНм,  $[\tau] = 80$  МПа.

$$d = \sqrt[3]{\frac{2M}{0,2[\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{10M}{[\tau]}} =$$

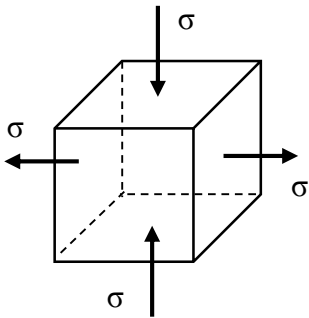
$$= \sqrt[3]{\frac{10 \cdot 64 \text{ кНм}}{80 \cdot 10^3 \text{ кН / м}^2}} = 0,2 \text{ м} = 20 \text{ см}$$

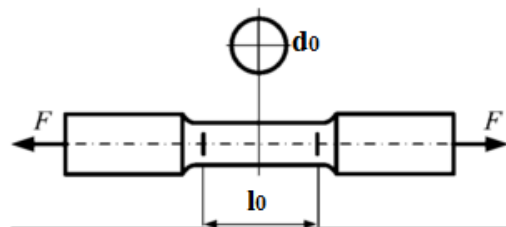
26. Продемонстрируйте умение проводить анализ напряженно-деформированного состояния в точке тела. В элементе мостовой конструкции возникает напряженное состояние, представленное на рисунке.



Главные напряжения  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$  равны ...

$$\sigma_1 = \sigma, \sigma_2 = 0, \sigma_3 = 0$$

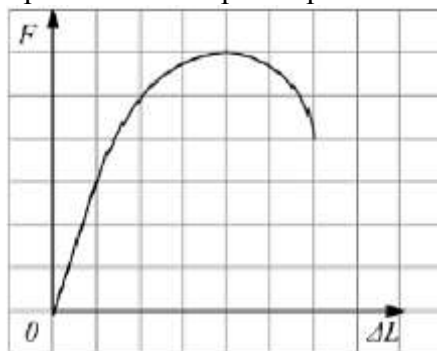
	<p>27. Продемонстрируйте умение определять главные напряжения. В элементе конструкции возникает напряженное состояние, представленное на рисунке.</p>  <p>Главные напряжения <math>\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3</math> равны ...</p>		$\sigma_1 = \sigma, \sigma_2 = 0, \sigma_3 = -\sigma$
ОПК-1.3.1 Владеет навыками решения инженерных задач в профессиональной деятельности.	<p>28. Продемонстрируйте навыки определения механических характеристик пластичности материала. При испытании на растяжение цилиндрического образца (начальный диаметр <math>d_0 = 10</math> мм, длина расчетной части до разрыва <math>l_0 = 100</math> мм) длина расчетной части после разрыва составила 125 мм. Относительное остаточное удлинение образца <math>\delta</math> равно ... %. Введите ответ в процентах.</p>		<p>25</p> $\delta = \frac{125 - 100}{100} \cdot 100\% = 25\%$
	<p>29. Продемонстрируйте навыки определения механических характеристик пластичности материала. При испытании на растяжение цилиндрического образца (начальный диаметр <math>d_0 = 6</math> мм, длина расчетной части до разрыва <math>l_0 = 100</math> мм) относительное остаточное удлинение образца <math>\delta</math> составило 20 %. Длина расчетной части после разрыва составила ...</p>		<p>120 мм</p> $\delta = \frac{l_0 - l_1}{l_0} \cdot 100\% = 20\%$



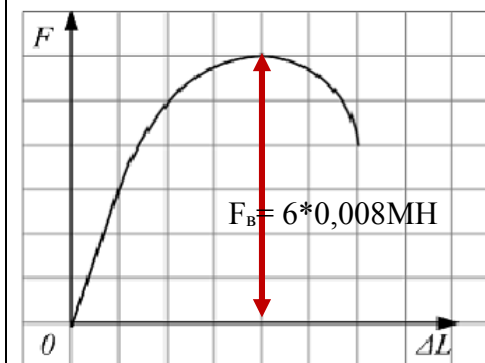
Введите ответ в мм.

$$l_1 = l_0 + l_0 \cdot \delta = 100 \text{ мм} (1 + 0,2) = 120 \text{ мм}$$

30. Продемонстрируйте навыки экспериментального определения механических характеристик прочности. Цилиндрический образец диаметром  $d = 10$  мм испытывают на растяжение. Диаграмма растяжения показана на рисунке. Масштаб нагрузки – 0,008 МН. Предел прочности материала равен ... МПа.



611



$$\sigma_B = F_B / A$$

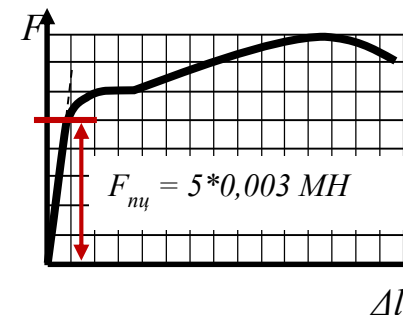
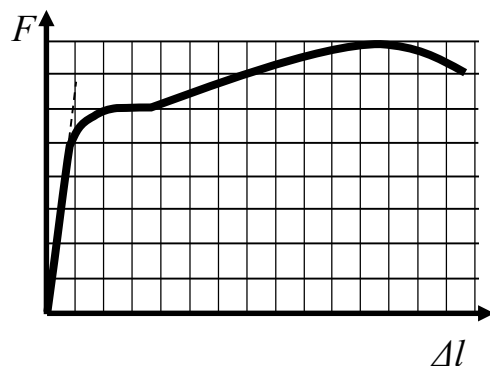
$$A = 3,14 * (10 \text{ мм})^2 / 4$$

$$\sigma_{\epsilon} = \frac{6 \cdot 0,008 \text{ МН} \cdot 4}{3,14 \cdot 100 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2} = 611 \text{ МПа}$$

31. Продемонстрируйте навыки экспериментального определения механических характеристик прочности. Цилиндрический образец диаметром  $d = 10$  мм испытывают на растяжение. Диаграмма растяжения показана на рисунке. Масштаб нагрузки – 0,003 МН. Предел пропорциональности материала равен ... МПа.

191



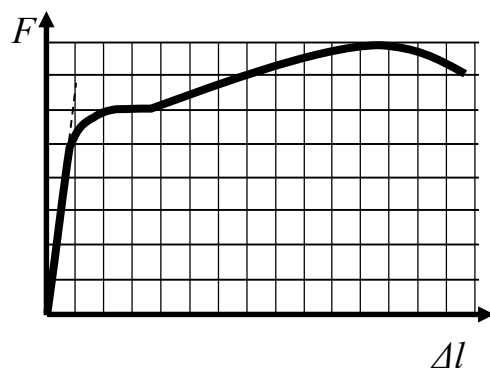


$$\sigma_{\text{пл}} = F_{\text{пл}}/A$$

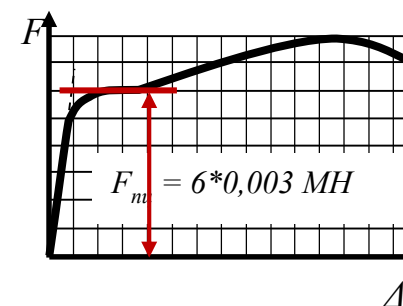
$$A = 3,14 \cdot (10\text{мм})^2/4$$

$$\sigma_{ny} = \frac{5 \cdot 0,003\text{МН} \cdot 4}{3,14 \cdot 100 \cdot 10^{-6}\text{м}^2} = 191\text{МПа}$$

32. Продемонстрируйте навыки экспериментального определения механических характеристик прочности. Цилиндрический образец диаметром  $d = 10$  мм испытывают на растяжение. Диаграмма растяжения показана на рисунке. Масштаб нагрузки – 0,003 МН. Предел текучести материала равен ... МПа.



229

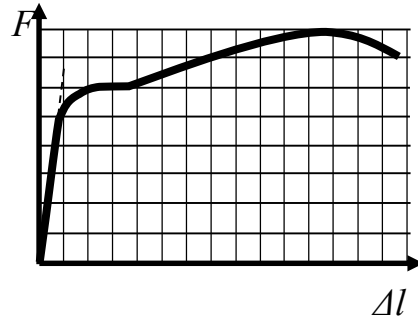


$$\sigma_T = F_T/A$$

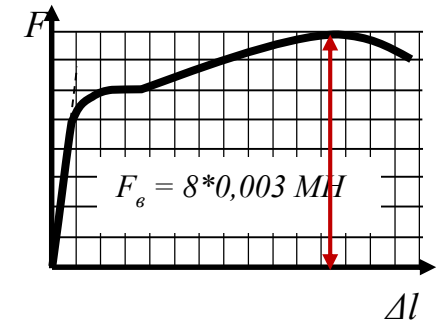
$$A = 3,14 \cdot (10\text{мм})^2/4$$

$$\sigma_T = \frac{6 \cdot 0,003\text{МН} \cdot 4}{3,14 \cdot 100 \cdot 10^{-6}\text{м}^2} = 229\text{МПа}$$

33. Пр продемонстрируйте навыки экспериментального определения механических характеристик прочности. Цилиндрический образец диаметром  $d = 10$  мм испытывают на растяжение. Диаграмма растяжения показана на рисунке. Масштаб нагрузки – 0,003 МН. Временное сопротивление материала равно ... МПа.



306

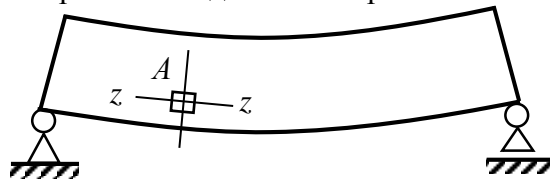


$$\sigma_B = F_B / A$$

$$A = 3,14 \cdot (10 \text{ мм})^2 / 4$$

$$\sigma_B = \frac{8 \cdot 0,003 \text{ МН} \cdot 4}{3,14 \cdot 100 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2} = 306 \text{ МПа}$$

34. В продольной балке стального моста при проходе поезда было измерено около точки  $A$  при помощи тензодатчика относительное удлинение в направлении оси  $z$ - $z$  (параллельно оси балки)  $\varepsilon_z = 0,0004$ . Нормальное напряжение  $\sigma_z$  в точке  $A$  в направлении вдоль балки равно ... МПа



Модуль Юнга для стали  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа.  
Введите ответ в МПа.

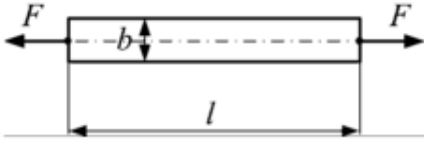
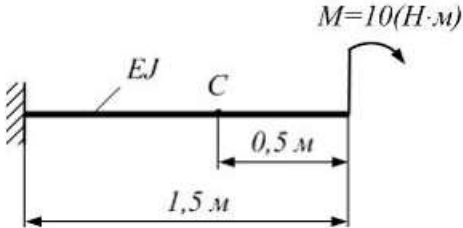
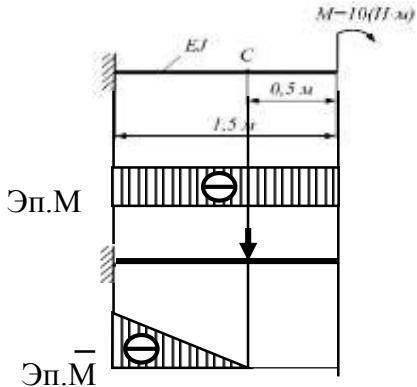
80

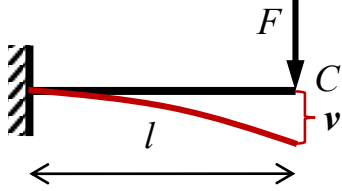
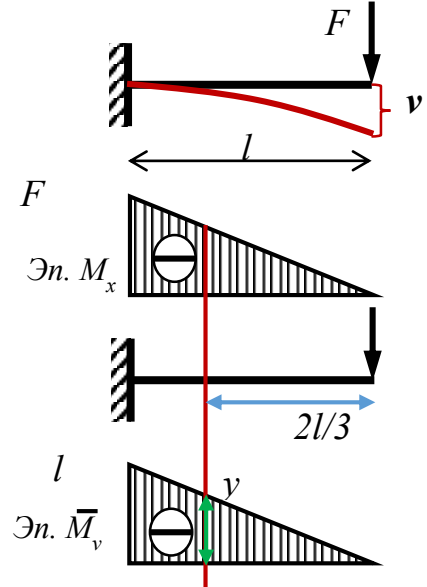
$$\sigma_z = E \cdot \varepsilon = 2 \cdot 10^5 \cdot 0,0004 = 80 \text{ МПа}$$

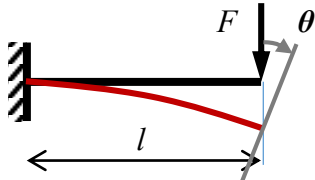
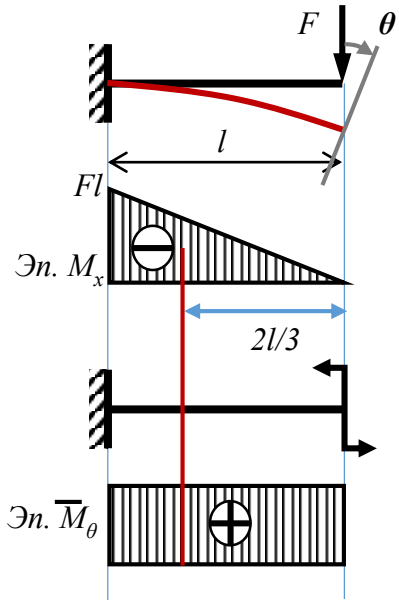
35. Пр продемонстрируйте навыки экспериментального определения упругих

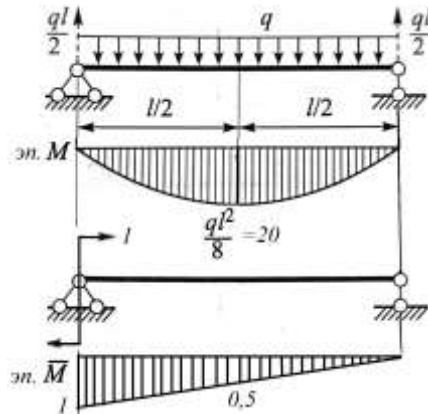
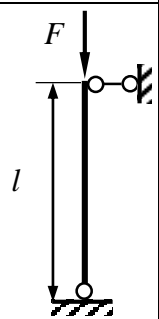
- 1). 0,2
- 2). 0,5
- 3). 0,25

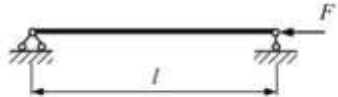
0,25

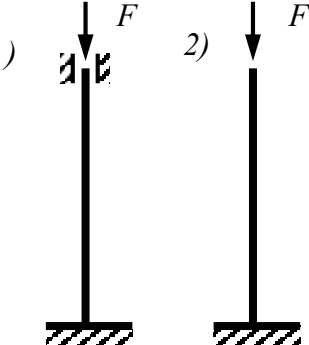
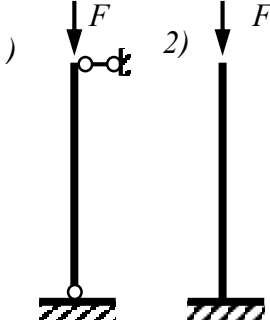
	<p>постоянных материала при осевой деформации. Образец растягивается силами <math>F</math>.</p>  <p>Размеры образца до испытаний: <math>l = 100</math> мм, <math>b = 20</math> мм. После приложения силы длина образца увеличилась на <math>0,02</math> мм, а поперечный размер уменьшился на <math>0,001</math> мм. Коэффициент Пуассона материала равен... Выберите один вариант ответа на вопрос.</p>	<p>4). 0,3</p>	$\nu = \left  \frac{\varepsilon_n}{\varepsilon} \right  = \frac{0,001 \cdot 100}{20 \cdot 0,02} = 0,25$ $ \varepsilon_n  = \frac{0,001}{20}$ $\varepsilon = \frac{0,02}{100}$
<p align="center"><b>Модуль 2</b></p>			
<p><i>ОПК 1 Способен решать инженерные задачи в профессиональной деятельности с использованием методов естественных наук, математического анализа и моделирования.</i></p>			
<p><i>ОПК-1.2.1 Умеет решать инженерные задачи в профессиональной деятельности с использованием методов естественных наук</i></p>	<p>1. Продемонстрируйте умение определять перемещения в балке. Вертикальное перемещение сечения <math>C</math> указанной балки равно ... <math>\frac{H \cdot m^3}{EJ}</math></p>  <p>Жесткость балки <math>EJ</math>. Введите ответ</p>		$\frac{5 H \cdot m^3}{EJ}$  $v_c = (M \times \bar{M}) = \frac{5 H \cdot m^3}{EJ}$

			<p><math>(M \times \bar{M})</math> можно посчитать по одной из трех формул, любой из этих расчетов оценивается как верный</p> $(M \times \bar{M}) = \frac{10 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot H \cdot m^3}{EJ}$ <p>Или</p> $(M \times \bar{M}) = \frac{1_m}{6EJ} (10H_m \cdot 1_m + 4 \cdot 10H_m \cdot 0,5_m)$ <p>Или</p> $(M \times \bar{M}) = \frac{1_m}{6EJ} (2 \cdot 10H_m \cdot 1_m + 10H_m \cdot 1_m)$
	<p>2. Продемонстрируйте умение определять перемещения в балке. Вертикальное перемещение сечения <math>C</math> указанной балки равно ... мм.</p>  <p><math>l = 3 \text{ м}, F = 10 \text{ кН}, EI = 2 \cdot 10^4 \text{ кНм}^2</math>. При расчете использовать правило Верещагина.</p>		<p>4,5 мм</p> 

			$v = \int_0^l \frac{M\bar{M}}{EI} dz = \frac{\Omega \cdot y_c}{EI}$ $\Omega = -\frac{1}{2} Fl \cdot l \quad y_c = -\frac{2}{3} l$ $v = \left( -\frac{1}{2} Fl \cdot l \right) \cdot \left( -\frac{2}{3} l \right) \cdot \frac{1}{EI} =$ $= \frac{Fl^3}{3EI} = \frac{10 \text{ кН} \cdot 3^3 \text{ м}^3}{3 \cdot 2 \cdot 10^4 \text{ кНм}^2} = 4,5 \text{ мм}$
	<p>3. Продемонстрируйте умение определять углы поворота сечений балок. Угол поворота правого торца представленной балки <math>\theta</math> по абсолютному значению равен <math>\dots \cdot 10^{-4}</math> рад.</p>  <p><math>l = 3 \text{ м}, F = 10 \text{ кН}, EI = 2 \cdot 10^4 \text{ кНм}^2</math>. При расчете использовать правило Верещагина.</p>		<p><math>22,5 \cdot 10^{-4}</math> рад</p>  $v = \int_0^l \frac{M\bar{M}}{EI} dz = \frac{\Omega \cdot y_c}{EI}$ $\Omega = -\frac{1}{2} Fl \cdot l \quad y_c = 1$

			$\theta = \left  -\frac{1}{2} Fl \cdot l \right  \cdot 1 \cdot \frac{1}{EI} = \frac{Fl^2}{2EI}$ $= \frac{10 \text{ кНм} \cdot 3^2 \text{ м}^2}{2 \cdot 2 \cdot 10^4 \text{ кНм}^2} = 22,5 \cdot 10^{-4} \text{ рад}$
<p>4. Продемонстрируйте умение определять углы поворота сечений балок. Угол поворота левого торца представленной балки <math>\theta</math> по абсолютному значению равен <math>\dots \cdot 10^{-4}</math> рад.</p>  <p><math>l = 4 \text{ м}, q = 10 \text{ кН/м}, EI = 2 \cdot 10^4 \text{ кНм}^2</math>. При расчете использовать формулу Симпсона.</p>		<p><math>20 \cdot 10^{-4} \text{ рад}</math></p>  $v = \frac{1}{2 \cdot 10^4} (4 \cdot 20 \cdot 0,5) = 20 \cdot 10^{-4} \text{ рад}$	
<p>5. Продемонстрируйте умение вычислять критическое напряжение в центрально сжатом стержне.</p> <p>Стойка представляет собой стержень круглого сечения диаметром <math>d = 4 \text{ см}</math>, нагруженный внешней силой <math>F</math>. Модуль упругости материала <math>E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}</math>, длина <math>l = 2 \text{ м}</math>.</p>		<p>50 МПа</p> $\lambda = \frac{\mu l}{i_{\min}} = \frac{1 \cdot 200 \text{ см}}{1 \text{ см}} = 200$ <p><math>\mu = 1, i_{\min} = d/4 = 1 \text{ см}</math> <math>\lambda &gt; 100 = \lambda_{\text{пр}} \Rightarrow</math> критическое напряжение нужно вычислять по формуле Эйлера.</p>	

	<p>Значение критического напряжения равно ... (при расчете принять <math>\pi^2 \approx 10</math>)</p>			$\sigma_{кр} = \frac{F_{кр}}{A} = \frac{\pi^2 EI_{\min}}{(\mu l)^2} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} =$ $= \frac{10 \cdot 2 \cdot 10^5}{200^2} = 50 \text{ МПа}$																																		
	<p>6. Продемонстрируйте умение вести расчеты на устойчивость. Элемент ферменной конструкции представляет собой стержень круглого сечения диаметром <math>d</math>, нагруженный внешней силой <math>F</math> (см. рис.) Допускаемое напряжение на устойчивость <math>[\sigma]_y</math> равно ... МПа</p> <table><tr><th><math>\lambda</math></th><th><math>\varphi</math></th></tr><tr><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>10</td><td>0,99</td></tr><tr><td>20</td><td>0,96</td></tr><tr><td>30</td><td>0,94</td></tr><tr><td>40</td><td>0,92</td></tr><tr><td>50</td><td>0,89</td></tr><tr><td>60</td><td>0,86</td></tr><tr><td>70</td><td>0,81</td></tr><tr><td>80</td><td>0,75</td></tr><tr><td>90</td><td>0,69</td></tr><tr><td>100</td><td>0,60</td></tr><tr><td>110</td><td>0,52</td></tr><tr><td>120</td><td>0,45</td></tr><tr><td>130</td><td>0,40</td></tr><tr><td>140</td><td>0,36</td></tr><tr><td>150</td><td>0,32</td></tr></table>  <p>Длина стержня <math>l = 2 \text{ м}</math>. Поперечное сечение – круг диаметром <math>d = 16 \text{ см}</math></p> <p>Допускаемое напряжение на сжатие <math>[\sigma]_c = 200 \text{ МПа}</math>.</p>	$\lambda$	$\varphi$	0	1	10	0,99	20	0,96	30	0,94	40	0,92	50	0,89	60	0,86	70	0,81	80	0,75	90	0,69	100	0,60	110	0,52	120	0,45	130	0,40	140	0,36	150	0,32			$\mu = 1, i_{\min} = d/4 = 4 \text{ см}$ $\lambda = \frac{\mu l}{i_{\min}} = \frac{1 \cdot 200 \text{ см}}{4 \text{ см}} = 50$ $\varphi = 0,89$ $[\sigma]_y = [\sigma]_c \cdot \varphi = 200 \cdot 0,89 = 178 \text{ МПа}$
$\lambda$	$\varphi$																																					
0	1																																					
10	0,99																																					
20	0,96																																					
30	0,94																																					
40	0,92																																					
50	0,89																																					
60	0,86																																					
70	0,81																																					
80	0,75																																					
90	0,69																																					
100	0,60																																					
110	0,52																																					
120	0,45																																					
130	0,40																																					
140	0,36																																					
150	0,32																																					
	<p>7. Продемонстрируйте умение вести расчеты на устойчивость. На рисунке показаны два варианта закрепления одинаковых стоек. Отношение значений критических напряжений <math>\sigma_{кр}^{(1)} / \sigma_{кр}^{(2)} = \dots</math> (при решении учитывайте, что напряжение в стержнях не превышают предел пропорциональности)</p>			<p>16</p> $\sigma_{кр} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2}$ $\lambda_1 = \frac{0,5l}{i_{\min}}$																																		

			$\lambda_2 = \frac{2l}{i_{\min}} = 4\lambda_1$ $\sigma_{\text{кр}}^{(1)} / \sigma_{\text{кр}}^{(2)} = \frac{\pi^2 E}{\lambda_1^2} \cdot \frac{\lambda_2^2}{\pi^2 E} = 16$
	<p>8. Пропредмонстрируйте умение вести расчеты на устойчивость. На рисунке показаны два варианта закрепления одинаковых стоек. Отношение значений критических напряжений <math>\sigma_{\text{кр}}^{(1)} / \sigma_{\text{кр}}^{(2)} = \dots</math> (при решении учитывайте, что напряжение в стержнях не превышают предел пропорциональности).</p> 		<p>4</p> $\sigma_{\text{кр}} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2}$ $\lambda_1 = \frac{1 \cdot l}{i_{\min}}$ $\lambda_2 = \frac{2l}{i_{\min}} = 2\lambda_1$ $\sigma_{\text{кр}}^{(1)} / \sigma_{\text{кр}}^{(2)} = \frac{\lambda_2^2}{\lambda_1^2} = 4$
	<p>9. Пропредмонстрируйте умение вести расчеты на устойчивость. Элемент ферменной конструкции представляет собой стержень круглого сечения диаметром <math>d</math>, нагруженный внешней силой <math>F</math> (см. рис.) Допускаемое напряжение на устойчивость <math>[\sigma]_y</math> равно ... МПа</p>		<p>120</p> $\mu = 0,5, i_{\min} = d/4 = 1 \text{ см}$ $\lambda = \frac{\mu l}{i_{\min}} = \frac{0,5 \cdot 200 \text{ см}}{1 \text{ см}} = 100$ $\varphi = 0,6$ $[\sigma]_y = [\sigma]_c \cdot \varphi = 200 \cdot 0,6 = 120 \text{ МПа}$



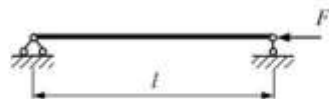
$\lambda$	$\varphi$
0	1
10	0,99
20	0,96
30	0,94
40	0,92
50	0,89
60	0,86
70	0,81
80	0,75
90	0,69
100	0,60
110	0,52
120	0,45
130	0,40
140	0,36
150	0,32



10. Продемонстрируйте умение вести расчеты на устойчивость. Элемент ферменной конструкции представляет собой стержень круглого сечения диаметром  $d$ , нагруженный внешней силой  $F$  (см. рис.)

Допускаемое напряжение на устойчивость  $[\sigma]_y$  равно ... МПа

$\lambda$	$\varphi$
0	1
10	0,99
20	0,96
30	0,94
40	0,92
50	0,89
60	0,86
70	0,81
80	0,75
90	0,69
100	0,60
110	0,52
120	0,45
130	0,40
140	0,36
150	0,32



Допускаемое напряжение на сжатие  $[\sigma]_c = 200 \text{ МПа}$ .

$$\mu = 1, i_{\min} = d/4 = 1,5 \text{ см}$$

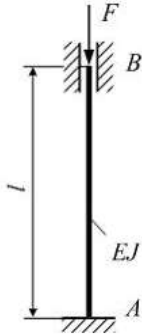
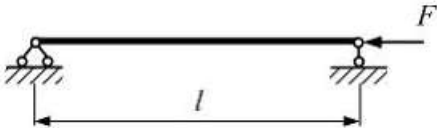
$$\lambda = \frac{\mu l}{i_{\min}} = \frac{1 \cdot 180 \text{ см}}{1,5 \text{ см}} = 120$$

$$\varphi = 0,45$$

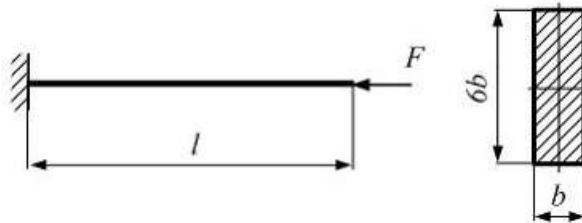
$$[\sigma]_y = [\sigma]_c \cdot \varphi = 200 \cdot 0,45 = 90 \text{ МПа}$$

11. Продемонстрируйте умение вести расчеты на устойчивость. Во сколько раз уменьшится критическая сила, если у стойки удалить опору В.

Уменьшится в 16 раз.

	 <p>(при решении учитывайте, что напряжение в стержнях не превышают предел пропорциональности)</p>		$F_{кр} = \frac{\pi^2 EI_{\min}}{(\mu l)^2}$ $F_{кр}^{(1)} = \frac{\pi^2 EI_{\min}}{(0,5l)^2}, F_{кр}^{(2)} = \frac{\pi^2 EI_{\min}}{(2l)^2}$ $\frac{F_{кр}^{(2)}}{F_{кр}^{(1)}} = \frac{(0,5)^2}{2^2} = \frac{1}{16}$ <p>Критическая сила уменьшится в 16 раз.</p>
	<p>12. Продемонстрируйте умение вести расчеты на устойчивость. Стержень длиной <math>l</math> нагружен сжимающей силой <math>F</math>. При увеличении длины в 2 раза значение критической силы уменьшится ... раза.</p> 		<p>В 4 раза</p> $F_{кр} = \frac{\pi^2 EI_{\min}}{(l)^2}$ $F_{кр}^{(2)} = \frac{\pi^2 EI_{\min}}{(2l)^2} = \frac{1}{4} \cdot \frac{\pi^2 EI_{\min}}{(l)^2}$ <p>Критическая сила уменьшится в 4 раза.</p>

13. Продemonстрируйте умение рассчитывать критическую силу. Стержень длиной  $l = 1$  м на одном конце жестко зашлемлен, а другой конец – свободен. Модуль упругости материала  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа, предельная гибкость  $\lambda_{пр} = 100$ , размер  $b = 2$  см.

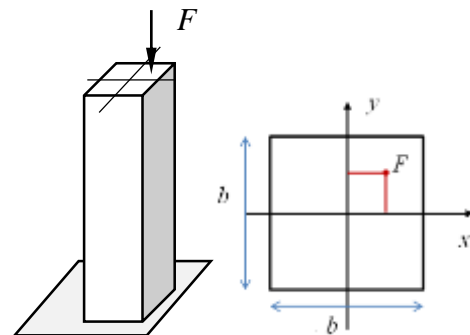


Значение критической силы равно ... кН  
(при расчете принять  $\pi^2 \approx 10$ )

14. Продemonстрируйте умение проводить расчеты на прочность.

Колонна квадратного поперечного сечения нагружена сжимающей силой  $F$ . Координаты точки приложения силы  $x_F = 0,25b$ ,  $y_F = 0,25b$ . Значение максимального нормального напряжения по абсолютному значению равно ...

В расчетах принять: сторона квадрата  $b = 10$  см, сила  $F = 100$  кН.



Введите значение в МПа.

40 кН

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{6b \cdot b^3}{12 \cdot 6b^2}} = \frac{b}{2\sqrt{3}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \text{ см}$$

$$\lambda = \frac{\mu l}{i_{\min}} = \frac{2 \cdot 100 \text{ см} \sqrt{3}}{1 \text{ см}} = 346 > \lambda_{пр}$$

$$F_{кр} = \frac{\pi^2 EI_{\min}}{(2l)^2} =$$

$$= \frac{10 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 10^3 \cdot 8 \cdot 10^{-8}}{(2 \cdot 1)^2} = 40 \text{ кН}$$

40

Координаты опасной точки

$x_{оп} = 5$  см,  $y_{оп} = 5$  см.

$A = 100 \text{ см}^2$ .

$i_x^2 = b^2/12$

$$|\sigma|_{\max} = \left| \frac{F}{A} \left( 1 + \frac{y_F y_{оп}}{i_x^2} + \frac{x_F x_{оп}}{i_y^2} \right) \right| =$$

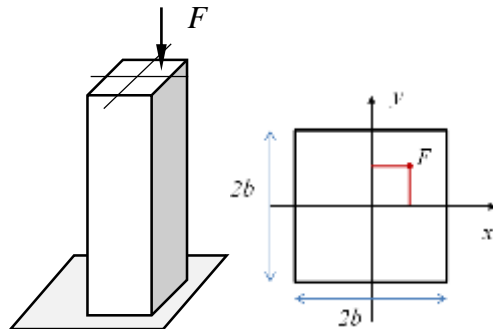
$$= \frac{100 \cdot 10^{-3} \text{ МН}}{100 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2} \left( 1 + \frac{2,5 \cdot 5 \cdot 12}{100} \cdot 2 \right) =$$

$$= 40 \text{ МПа}$$

15. Продemonстрируйте умение проводить расчеты на прочность.

Колонна квадратного поперечного сечения нагружена сжимающей силой  $F$ . Координаты точки приложения силы  $x_F = 0,5b$ ,  $y_F = 0,5b$ . Значение максимального нормального напряжения по абсолютному значению равно ...

В расчетах принять: сторона квадрата  $b = 10$  см, сила  $F = 800$  кН.



Введите значение в МПа.

80

Координаты опасной точки

$x_{оп} = 5$  см,  $y_{оп} = 5$  см.

$A = 400 \text{ см}^2$ .

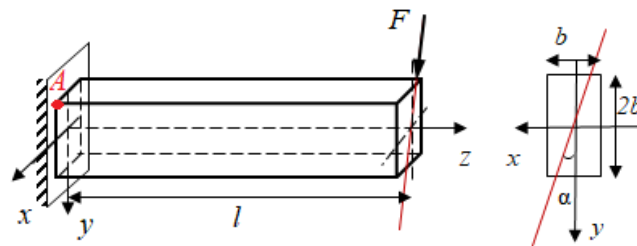
$i_x^2 = b^2/12$

$$\begin{aligned} |\sigma|_{\max} &= \left| \frac{F}{A} \left( 1 + \frac{y_F y_{оп}}{i_x^2} + \frac{x_F x_{оп}}{i_y^2} \right) \right| = \\ &= \frac{800 \cdot 10^{-3} \text{ МН}}{400 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2} \left( 1 + \frac{5 \cdot 10 \cdot 12}{400} \cdot 2 \right) = \\ &= 80 \text{ МПа} \end{aligned}$$

16. Продemonстрируйте умение проводить расчеты на прочность.

Стержень длиной  $l$  прямоугольного сечения размерами  $b \times 2b$  нагружен силой  $F$  (см. рис.), угол  $\alpha = 30^\circ$ . Значение напряжения в точке А по

абсолютному значению равно ...  $\frac{Fl}{b^3}$



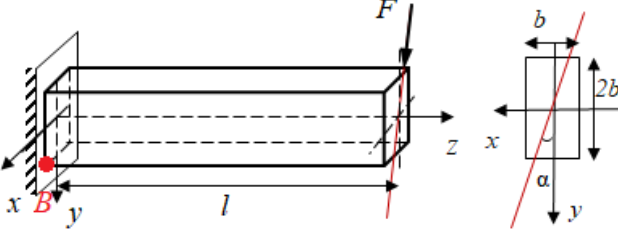
0,2

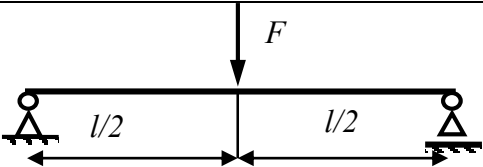


$$\sigma = M \left( \frac{\cos \alpha}{I_x} y + \frac{\sin \alpha}{I_y} x \right)$$

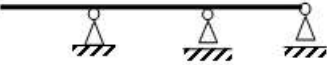
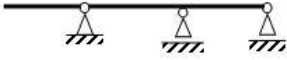
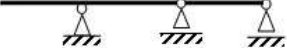
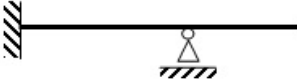
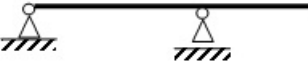
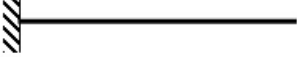
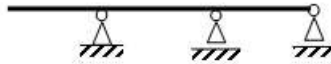

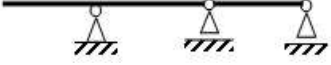
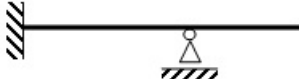

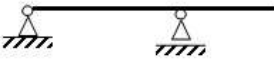
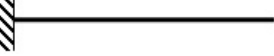
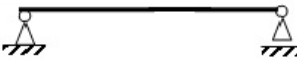
$$M = -Fl$$

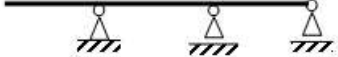
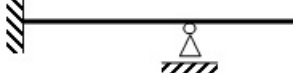
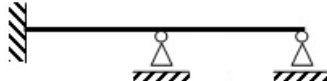
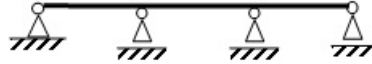
$$y_A = -b, x_A = 0,5b$$

$$I_x = \frac{8b^4}{12}; \quad I_y = \frac{2b^4}{12}$$

	(числовые значения округлять до десятых)		$\sigma_A = \left  M \left( \frac{\cos \alpha}{I_x} y_A + \frac{\sin \alpha}{I_y} x_A \right) \right  =$ $= Fl \left( \frac{\sqrt{3} \cdot 12}{2 \cdot 8b^4} (-b) + \frac{0,5 \cdot 12}{2 \cdot b^4} 0,5b \right)$ $= 0,2 \frac{Fl}{b^3}$
	<p>17. Продемонстрируйте умение проводить расчеты на прочность.</p> <p>Стержень длиной <math>l</math> прямоугольного сечения размерами <math>b \times 2b</math> нагружен силой <math>F</math> (см. рис.), угол <math>\alpha = 30^\circ</math>. Значение напряжения в точке В по абсолютному значению равно ... <math>\frac{Fl}{b^3}</math></p>  <p>(числовые значения округлять до десятых)</p>		<p>2,8</p> $\sigma = M \left( \frac{\cos \alpha}{I_x} y + \frac{\sin \alpha}{I_y} x \right)$ $M = - Fl$ $y_B = b, x_B = 0,5b$ $I_x = \frac{8b^4}{12}; \quad I_y = \frac{2b^4}{12}$ $\sigma_A = \left  M \left( \frac{\cos \alpha}{I_x} y_A + \frac{\sin \alpha}{I_y} x_A \right) \right  =$ $= Fl \left( \frac{\sqrt{3} \cdot 12}{2 \cdot 8b^4} b + \frac{0,5 \cdot 12}{2 \cdot b^4} 0,5b \right) = 2,8 \frac{Fl}{b^3}$
	<p>18. Продемонстрируйте умение вести расчет стержневых систем на действие динамических нагрузок. Прогиб в середине пролета балки от статически приложенной силы <math>F</math> равен <math>\delta</math>. Прогиб в этом же сечении при мгновенном приложении силы <math>F</math> равен ...</p>		<p>2 <math>\delta</math></p> $k_\delta = 1 + \sqrt{1 + \frac{2h}{\delta_{ст}}}$ $h = 0 \Rightarrow k_\delta = 2$ $\delta_\delta = \delta \cdot k_\delta = 2 \delta$

			
	<p>19. Продемонстрируйте умение вести расчет стержневых систем на действие динамических нагрузок. Груз падает с высоты <math>h</math>. Динамическое напряжение в конструкции при увеличении высоты падения груза в 4 раза ...</p> <p>(При определении динамического коэффициента системы используйте приближенную формулу</p> $k_d = \sqrt{\frac{2h}{\delta_{ст}}})$		<p>увеличится в 2 раза</p> $\sigma_d = k_d \cdot \sigma_{ст}$ <p>Если <math>h_1 = 4h</math>, то</p> $k_{d1} = \sqrt{\frac{2 \cdot 4h}{\delta_{ст}}} = 2 \sqrt{\frac{2h}{\delta_{ст}}} = 2k_d$ <p>Динамический коэффициент увеличится в 2 раза, значит и динамическое напряжение увеличится в 2 раза.</p>
	<p>20. Продемонстрируйте умение вести расчет стержневых систем на действие динамических нагрузок. Груз падает с высоты <math>h</math>. Динамическое напряжение в конструкции при уменьшении высоты падения груза в 4 раза ...</p> <p>(При определении динамического коэффициента системы используйте приближенную формулу</p> $k_d = \sqrt{\frac{2h}{\delta_{ст}}})$		<p>Уменьшится в 2 раза</p> $\sigma_d = k_d \cdot \sigma_{ст}$ <p>Если <math>h_1 = 0,25 h</math>, то</p> $k_{d1} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,25h}{\delta_{ст}}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{2h}{\delta_{ст}}} = \frac{1}{2} k_d$ <p>Динамический коэффициент уменьшится в 2 раза, значит и динамическое напряжение уменьшится в 2 раза.</p>
<p>21. Продемонстрируйте умение вести расчет статически неопределимых стержневых систем. Укажите все верные основные системы метода сил для представленной на рисунке балки</p>	<p>а) </p> <p>б) </p>	<p>а)</p> <p>б)</p> <p>г)</p>	

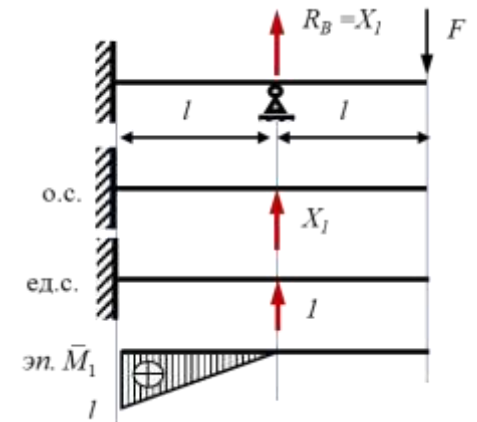
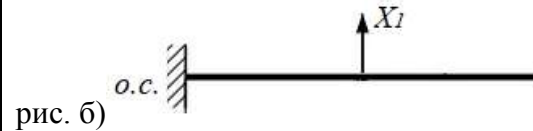
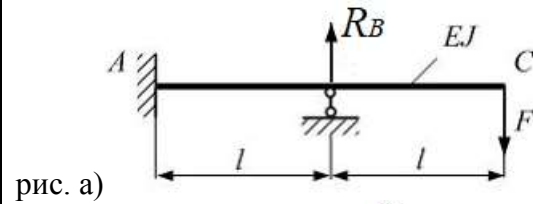
	 <p>Выберите несколько вариантов ответа.</p>	<p>в) </p> <p>г) </p>	
	<p>22. Продемонстрируйте умение вести расчет статически неопределимых стержневых систем. Какие из представленных балок являются статически неопределимыми? Выберите несколько вариантов ответа.</p>	<p>а) </p> <p>б) </p> <p>в) </p> <p>г) </p> <p>д) </p> <p>е) </p>	<p>а) г)</p>
<p>23. Продемонстрируйте умение вести расчет статически неопределимых стержневых систем. Укажите все верные основные системы метода сил для представленной на рисунке балки</p>  <p>Выберите несколько вариантов ответа.</p>		<p>а) </p> <p>б) </p> <p>в) </p> <p>г) </p>	<p>б) в)</p>

	<p>24. Продемонстрируйте умение вести расчет статически неопределимых стержневых систем. Степень статической неопределимости представленной на рисунке балки равна ...</p>  <p>Введите ответ.</p>		<p>1  <math>n = 4 - 3 = 1</math></p>
	<p>25. Продемонстрируйте умение вести расчет статически неопределимых стержневых систем. Степень статической неопределимости представленной на рисунке балки равна ...</p>  <p>Введите ответ.</p>		<p>1  <math>n = 4 - 3 = 1</math></p>
	<p>26. Продемонстрируйте умение вести расчет статически неопределимых стержневых систем. Степень статической неопределимости представленной на рисунке балки равна ...</p>  <p>Введите ответ.</p>		<p>2  <math>n = 5 - 3 = 2</math></p>
	<p>27. Продемонстрируйте умение вести расчет статически неопределимых стержневых систем. Степень статической неопределимости представленной на рисунке балки равна ...</p>  <p>Введите ответ.</p>		<p>2  <math>n = 5 - 3 = 2</math></p>
	<p>28. Продемонстрируйте умение раскрывать статическую неопределимость.</p>		<p><math>\frac{l^3}{3EI_x}</math></p>



Статически неопределимая балка нагружена силой  $F$  (рис. а). Один из вариантов основной системы показан на рис. б. Значение коэффициента канонического уравнения метода сил  $\delta_{11} = \dots$

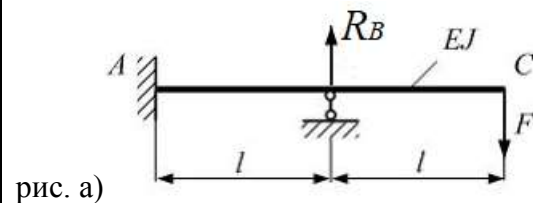
$$\delta_{11}X_1 + \Delta_{1F} = 0$$



$$\delta_{11} = \int_l \frac{\bar{M}_1 \bar{M}_1}{EI_x} dz = \frac{l}{6EI_x} (2l \cdot l) = \frac{l^3}{3EI_x}$$

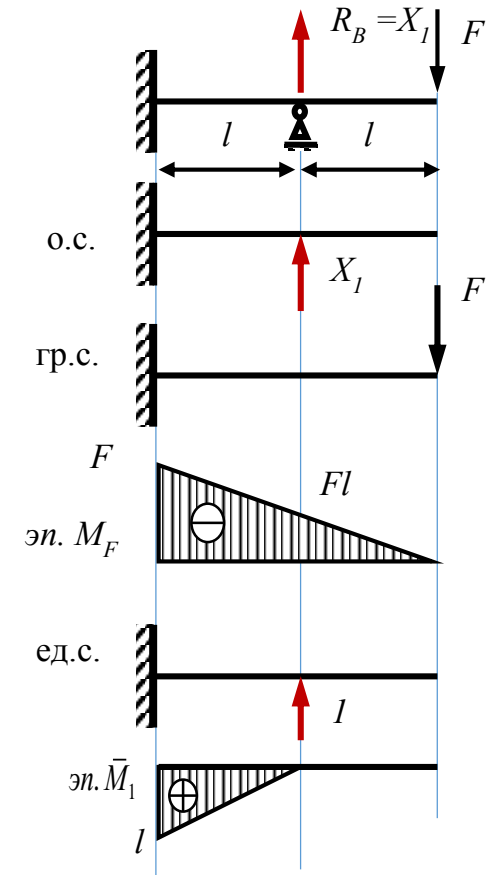
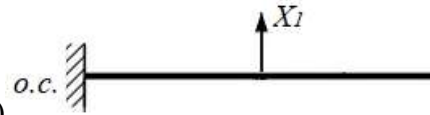
29. Продемонстрируйте умение раскрывать статическую неопределимость. Статически неопределимая балка нагружена силой  $F$  (рис. а). Один из вариантов основной системы показан на рис. б. Значение свободного члена канонического уравнения метода сил  $\Delta_{1F} = \dots$

$$\delta_{11}X_1 + \Delta_{1F} = 0$$



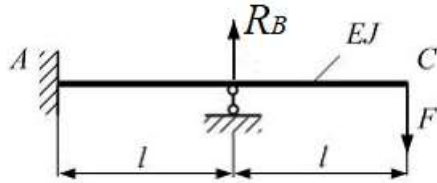
$$-\frac{5Fl^3}{6EI_x}$$

рис. б)

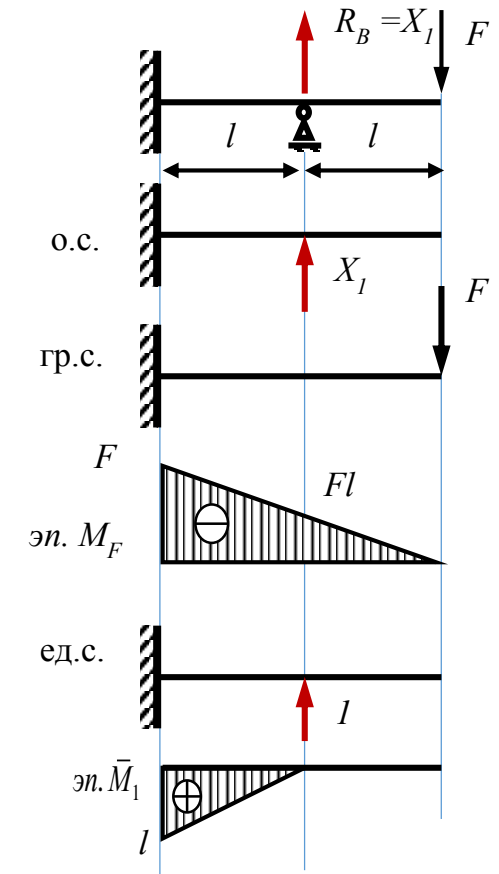


$$\begin{aligned}\Delta_{1F} &= \int_l \frac{M_F \bar{M}_1}{EI_x} dz = \\ &= \frac{l}{6EI_x} \left( -F2l \cdot l + 4(-1,5Fl) \cdot 0,5l \right) = \\ &= -\frac{5Fl^3}{6EI_x}\end{aligned}$$

30. Продемонстрируйте умение раскрывать статическую неопределенность.  
Если  $l = 1\text{ м}$ ,  $F = 10\text{ кН}$ , опорная реакция  $R_B$  в представленной балке равна ... кН.



25 кН



$$X_1 = -\frac{\Delta_{1F}}{\delta_{11}}$$

$$\delta_{11} = \int_l \frac{\bar{M}_1 \bar{M}_1}{EI_x} dz = \frac{l}{6EI_x} (2l \cdot l) = \frac{l^3}{3EI_x}$$

			$\Delta_{1F} = \int_l \frac{M_F \bar{M}_1}{EI_x} dz =$ $= \frac{l}{6EI_x} (-F 2l \cdot l + 4(-1,5Fl) \cdot 0,5l) =$ $= -\frac{5Fl^3}{6EI_x}$ $X_1 = \frac{5F}{2} = 2,5F = 25\kappa H$

Разработчик оценочных материалов,  
 доцент  
 18 декабря 2024 г.

*А.С. Кухарева*