

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

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

*disciplines*

«ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА» (Б1.О.21)

*для специальности*  
23.05.04 «Эксплуатация железных дорог»

*по специализациям*

«Магистральный транспорт»  
«Пассажирский комплекс железнодорожного транспорта»  
«Грузовая и коммерческая работа»  
«Транспортный бизнес и логистика»

Санкт-Петербург  
2025

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Оценочные материалы рассмотрены, обсуждены на заседании кафедры «Механика и прочность материалов и конструкций»  
Протокол №6 от 18.12. 2024 г.

Заведующий кафедрой  
«Механика и прочность материалов  
и конструкций»  
«18» декабря 2024

С.А. Видюшенков

СОГЛАСОВАНО  
Руководитель ОПОП ВО  
«Магистральный транспорт»  
«18» декабря 2024

О.Д. Покровская

Руководитель ОПОП ВО  
«Пассажирский комплекс  
железнодорожного транспорта»  
«18» декабря 2024

О.Д. Покровская

Руководитель ОПОП ВО  
«Грузовая и коммерческая работа»  
«18» декабря 2024

А.В. Новичихин

Руководитель ОПОП ВО  
«Транспортный бизнес и логистика»  
«18» декабря 2024

П.К. Рыбин

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

Планируемые результаты обучения по дисциплине, 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 (все специализации)

Индикатор достижения компетенции	Планируемые результаты обучения	Материалы, необходимые для оценки индикатора достижения компетенции
<b>ОПК-4.</b> Способен выполнять проектирование и расчет транспортных объектов в соответствии с требованиями нормативных документов		
<b>ОПК-4.1</b> Знает требования нормативных документов для выполнения проектирования и расчета транспортных объектов	Обучающийся знает: <ul style="list-style-type: none"><li>– основные гипотезы и допущения, принятые в расчетах элементов конструкций транспортной инфраструктуры на прочность;</li><li>– закон Гука для упругой среды (с возможностью использования при расчете прочности транспортных объектов);</li><li>– принцип Сен-Венана и принцип независимости действия сил при проектировании объектов железнодорожной инфраструктуры;</li><li>– основные характеристики прочности и пластичности материалов, применяемых на железнодорожных объектах;</li><li>– основные экспериментальные методы механики деформируемого твердого тела.</li></ul>	Вопросы к экзамену 1-17, 19-21, 32-53. Итоговый семестровый тест №1.
<b>ОПК-4.2</b> Умеет выполнять необходимые расчеты по проектированию транспортных объектов, в соответствии с нормативными	Обучающийся умеет: <ul style="list-style-type: none"><li>– определять усилия равновесия плоской и пространственной систем сил при проектировании объектов железнодорожной инфраструктуры;</li><li>– применять метод сечений при расчете на прочность элементов конструкций, работающих на растяжение-сжатие, сдвиг, изгиб, кручение,косой изгиб, внецентрное растяжение-сжатие, сдвиг, изгиб, кручение, косой изгиб, внецентрное растяжение-сжатие;</li></ul>	Вопросы к экзамену 18, 22-31, 54-85. Расчетно-графические работы 1,2,3 Итоговый семестровый тест №1.

документами	применять типовые методы анализа напряженного и деформированного состояния элементов конструкций при простейших видах нагружения и в расчетах на устойчивость конструкций.	
-------------	--	--

Т а б л и ц а 2. 2.

Для заочной формы обучения (все специализации)

Индикатор достижения компетенции	Планируемые результаты обучения	Материалы, необходимые для оценки индикатора достижения компетенции
<b>ОПК-4.</b> Способен выполнять проектирование и расчет транспортных объектов в соответствии с требованиями нормативных документов		
<b>ОПК-4.1</b> Знает требования нормативных документов для выполнения проектирования и расчета транспортных объектов;	<p>Обучающийся знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основные гипотезы и допущения, принятые в расчетах элементов конструкций транспортной инфраструктуры на прочность;</li> <li>– закон Гука для упругой среды (с возможностью использования при расчете прочности транспортных объектов);</li> <li>– принцип Сен-Венана и принцип независимости действия сил при проектировании объектов железнодорожной инфраструктуры;</li> <li>– основные характеристики прочности и пластичности материалов, применяемых на железнодорожных объектах;</li> <li>– основные экспериментальные методы механики деформируемого твердого тела.</li> </ul>	Вопросы к экзамену 1-17, 19-21, 32-53.
<b>ОПК-4.2</b> Умеет выполнять необходимые расчеты по проектированию транспортных объектов, в соответствии с нормативными документами	<p>Обучающийся умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– определять усилия равновесия плоской и пространственной систем сил при проектировании объектов железнодорожной инфраструктуры;</li> <li>– применять метод сечений при расчете на прочность элементов конструкций, работающих на растяжение-сжатие, сдвиг, изгиб, кручение, косой изгиб, внецентрное растяжение-сжатие, сдвиг, изгиб, кручение, косой изгиб, внецентрное растяжение-сжатие; применять типовые методы анализа напряженного и деформированного состояния элементов конструкций при простейших видах нагружения и в расчетах на устойчивость конструкций.</li> </ul>	Вопросы к экзамену 18, 22-31, 54-85. Контрольные работы 1,2. Типовая задача 1,2

## **Материалы для текущего контроля**

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

### **Перечень и содержание расчетно-графических работ (очная форма обучения)**

**РГР 1** «Расчет на прочность стержней и стержневых систем, работающих в условиях осевой деформации»

**P-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.

**P-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.

**РГР 2«Кручение. Плоский поперечный изгиб»**

**P-2.1.** Кручение валов кругового сечения.

Для загруженного 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.

**P-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.

**РГР 3 «Сложное сопротивление. Устойчивость сжатых стержней»**

**P-3.1.** Определение грузоподъемности стержня при внекентренном растяжение-сжатие.

Для стержня заданного сечения определить величину допускаемой растягивающей (или сжимающей) силы  $F$ , приложенной в точке А:

1. Указать положение главных центральных осей инерции сечения и связать с ними систему координат. Вычислить геометрические характеристики сечения.

- Получить выражение наибольшего по абсолютной величине напряжения через параметр  $F$  и из условия прочности определить грузоподъемность.
- Определить положение нейтральной оси и построить эпюру напряжений в сечении стержня.

**P-3.2.** Определение несущей способности центрально-сжатого стержня.

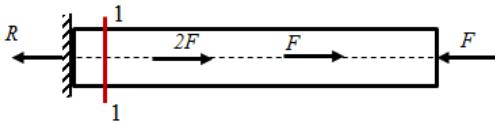
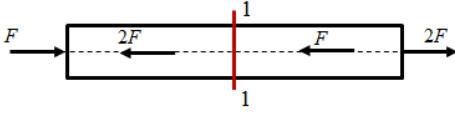
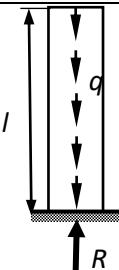
Для заданной схемы сжатого стержня и поперечного сечения требуется:

- Определить величину критической силы
- Определить величину допускаемой нагрузки.
- Найти коэффициент запаса устойчивости.

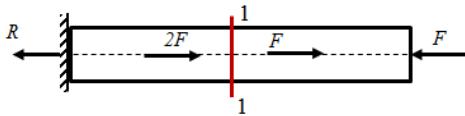
В электронной информационно-образовательной среде ПГУПС ([sdo.pgups.ru](http://sdo.pgups.ru)) размещены примеры решения задач, входящих в расчетно-графические работы.

### 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</math> кН. Значение продольной силы в сечении 1-1 равно ...</p> 	Введите ответ в 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> 	Введите ответ в кН.
<p>3. Продемонстрируйте умение определять опорные реакции. Колонна загружена собственным весом <math>q=20</math> кН/м, высота колонны <math>l = 2</math> м. Реакция в заделке равна ...</p> 	Введите значение $R$ в 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> 	Введите ответ в 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 = 10</math> кН. Значение продольной силы в сечении 1-1 равно ...</p>	Введите ответ в кН.

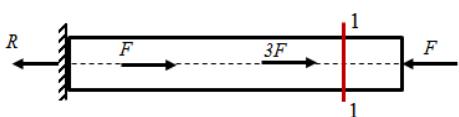
ми, направленными вдоль оси.  $F = 15$  кН. Значение продольной силы в сечении 1-1 равно ...



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 ...

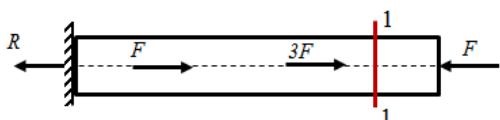


7. Продемонстрируйте умение определять внутренние усилия в элементах строительных конструкций, работающих на растяжение – сжатие. На рисунке показан стержень, нагруженный силами, направленными вдоль оси.  $F = 20$  кН. Значение продольной силы в сечении 1-1 равно ...



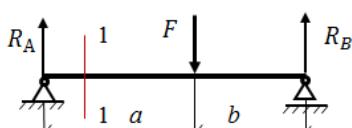
8. Продемонстрируйте умение определять опорные реакции. На рисунке показан стержень, нагруженный силами, направленными вдоль оси.  $F = 10$  кН

Реакция  $R$  в заделке равна ...



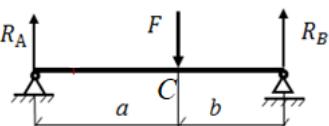
10. Продемонстрируйте умение определять внутренние усилия в элементах строительных конструкций. Расчетная схема главной балки мостового крана представлена в виде однопролетной балки, нагруженной силой  $F = 60$  кН,  $a = 3$  м,  $b = 2$  м.

Поперечная сила в сечении 1 – 1 равна ...



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 ...



12. Продемонстрируйте 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 С равен ... кНм.

Ведите ответ в кН.

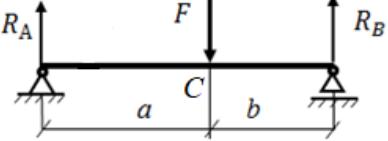
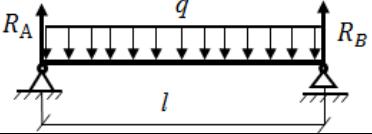
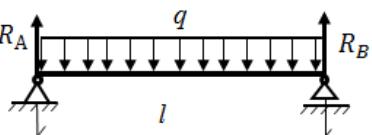
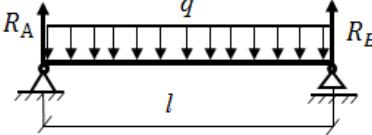
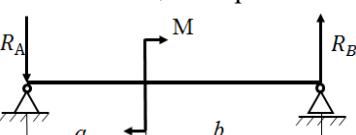
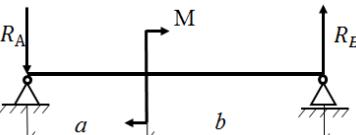
Ведите ответ в кН.

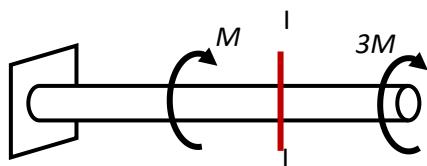
Ведите ответ в кН.

Ведите значение по модулю в кН.

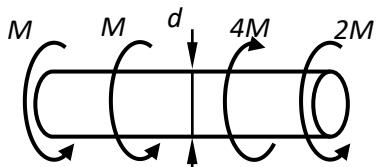
Ведите значение в кНм.

Ведите ответ в кНм

	
<p>13. Продемонстрируйте умение определять опорные реакции в закреплениях.</p> <p>Шарнирно-опертая балка загружена равномерно распределенной нагрузкой <math>q = 10 \text{ кН/м}</math>, <math>l = 4 \text{ м}</math>.</p> <p>Реакция <math>R_A = \dots</math></p> 	<p>Ведите ответ в кН.</p>
<p>14. Продемонстрируйте умение определять внутренние усилия в элементах строительных конструкций.</p> <p>Балка длиной <math>l = 4 \text{ м}</math> загружена равномерно распределенной нагрузкой <math>q = 10 \text{ кН/м}</math>. Значение максимального изгибающего момента равно ...</p> 	<p>Ведите ответ в кНм.</p>
<p>15. Продемонстрируйте умение определять опорные реакции в закреплениях.</p> <p>Однопролетная балка нагружена равномерно распределенной нагрузкой <math>q = 16 \text{ кН/м}</math>, <math>l = 2 \text{ м}</math>. Реакция <math>R_B</math> равна ...</p> 	<p>Ведите ответ в кН.</p>
<p>16. 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> 	<p>Ведите ответ в кН.</p>
<p>17. Продемонстрируйте умение определять опорные реакции в закреплениях.</p> <p>Однопролетная балка нагружена моментов <math>M = 60 \text{ кНм}</math>, <math>a = 2 \text{ м}</math>, <math>b = 3 \text{ м}</math>. Реакция <math>R_A</math> равна ...</p> 	<p>Ведите ответ в кН.</p>
<p>18. Продемонстрируйте умение определять внутренние усилия в элементах строительных конструкций.</p> <p>Вал, представленный на рисунке, загружен двумя моментами <math>M = 10 \text{ кНм}</math>. Крутящий момент в сечении 1 – 1 по абсолютному значению равен ... кНм.</p>	<p>Ведите ответ в кНм.</p>



19. Продемонстрируйте умение определять рациональные размеры поперечных сечений элементов конструкций.  
Из условия прочности, при заданном значении  $[\tau]$ , наименьший допускаемый диаметр вала равен  $d = \dots$  см



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

20. Опишите последовательность действий для определения внутренних усилий в стержне методом сечений.

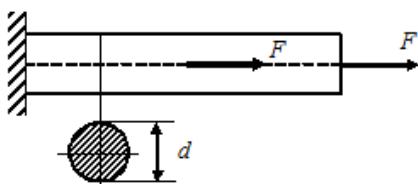
- отбрасываем одну из его частей;
- уравновешиваем рассматриваемую часть стержня;
- заменяем действие отброшенной части на оставленную усилием;
- рассекаем стержень сечением, перпендикулярным оси;

21. Опишите последовательность действий при расчете статически определимой системы на прочность.

- Построить эпюры внутренних усилий.
- Вычислить (если это необходимо) опорные реакции.
- Найти внутренние усилия, возникающие в поперечных сечениях каждого участка конструкции от действия внешних нагрузок.
- Записать условие прочности, проверить его выполнение.
- Определить положение опасного сечения и опасных точек, где напряжения достигают наибольших по абсолютной величине значений.

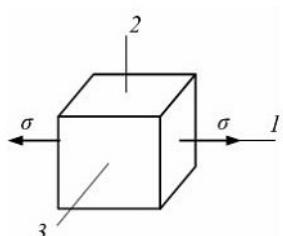
22. Продемонстрируйте умение определять рациональные размеры поперечных сечений элементов конструкций. На рисунке показан стержень, нагруженный осевыми силами. Минимально допустимый диаметр поперечного сечения, из расчета на прочность по допускаемым напряжениям, равен ... мм.

Дано:  $F = 0,025$  МН,  $[\sigma] = 160$  МПа



23. 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 ...



Введите ответ в см

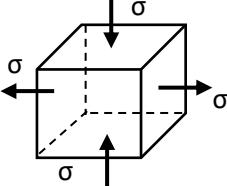
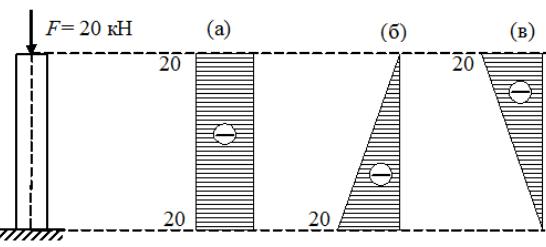
Введите ответ в мм

Впишите ответы

$$\sigma_1 =$$

$$\sigma_2 =$$

$$\sigma_3 =$$

<p>24. Продемонстрируйте умение определять главные напряжения. В элементе конструкции возникает напряженное состояние, представленное на рисунке.</p> <p>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?</p> <p>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 взаимодействие тела с окружающими объектами.</li> </ol>
<p>27. Что такое момент сопротивления при кручении?</p> <p>Выберите один ответ:</p>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Отношение полярного момента инерции к расстоянию от центра тяжести до наиболее удаленного волокна</li> <li>2. Отношение полярного момента инерции к жесткости вала при кручении</li> <li>3. Отношение максимального крутящего момента к допускаемому касательному напряжению</li> </ol>
<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>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. вязкие</li> <li>2. упругие</li> <li>3. пластические / остаточные</li> </ol>	
<p>30. Жесткость вала при кручении ...</p> <p>Выберите один ответ:</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>EA</math></li> <li>2. <math>GIp</math></li> <li>3. <math>EIx</math></li> </ol>	

## Контрольные работы (заочная форма обучения)

### **Контрольная работа № 1**

*Задача 1 – Расчет прямого ступенчатого стержня на осевое действие сил.*

Прямоосный ступенчатый стержень нагружен осевыми силами и распределенной нагрузкой. Требуется: а) сделать схематический чертеж стержня по заданным размерам; б) построить эпюру продольной силы; в) подобрать площадь поперечного сечения каждого участка стержня; г) вычислить перемещение заданной точки и удлинение стержня.

*Задача 2 – Статически определимая шарнирно-стержневая система.*

Статически определимая шарнирно-стержневая система нагружена осевой силой и равномерно распределенной нагрузкой. Требуется: а) выполнить чертеж конструкции по заданным размерам; б) определить величину продольной силы в каждом стержне; в) определить размеры поперечных сечений заданной формы; г) вычислить удлинение каждого стержня.

*Задача 3 – Кручение валов кругового сечения.*

Для заданной схемы нагружения требуется: а) найти  $m_0$ ; б) построить эпюру крутящего момента; в) подобрать диаметр сплошного вала по условиям прочности и жесткости; г) подобрать диаметр полого вала по условиям прочности и жесткости; д) вычислить величину экономии материала для полого вала; е) построить эпюру угла закручивания.

### **Контрольная работа № 2**

*Задача 1 – Плоский поперечный изгиб стержня.*

Статически определимая балка нагружена равномерно распределенной нагрузкой, сосредоточенными силами и моментами. Требуется: а) вычертить в масштабе схему балки и указать числовые значения размеров и нагрузок; б) построить эпюры поперечной силы и изгибающего момента; в) подобрать поперечное сечение балки в виде двутавра; г) проверить прочность балки.

*Задача 2 – Устойчивость сжатых стержней.*

Для заданной схемы стержня требуется: а) величину критической силы; б) величину допускаемой нагрузки; в) коэффициент запаса устойчивости.

## Типовая задача (заочная форма обучения)

**Типовая задача I.** 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.

**Типовая задача II.** Подбор сечения статически определимой балки при плоском изгибе и проверка прочности по касательным напряжениям.

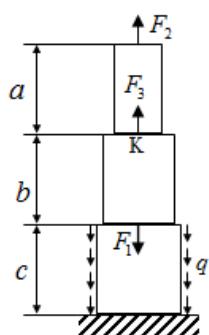
Статически определимая балка нагружена равномерно распределенной нагрузкой  $q$  и/или сосредоточенными силами  $F_i$  и/или моментами  $M_j$ .

Требуется:

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

### Примеры типовых задач

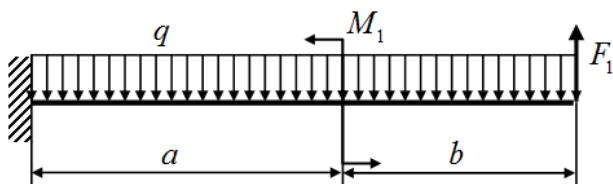
Задача I



1. Построить эпюру продольных сил.
2. Подобрать сечение на каждом участке стержня.
3. Определить перемещение точки "К".

Данные взять по указанию преподавателя.

Задача II



1. Построить эпюры  $M$  и  $Q$ .
2. Подобрать сечение двутавровой балки.
3. Проверить прочность по касательным напряжениям.

Данные взять по указанию преподавателя.

В электронной информационно-образовательной среде ПГУПС ([sdo.pgups.ru](http://sdo.pgups.ru)) размещены примеры решения задач, входящих в контрольные работы.

### Материалы для промежуточной аттестации Перечень вопросов к экзамену (все формы обучения)

Вопросы	Индикатор достижения компетенций
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основные понятия статики (сила, равнодействующая, абсолютно твердое тело, равновесие)</li> <li>2. Перечислите аксиомы статики</li> <li>3. Что называют моментом силы относительно точки на плоскости? Укажите размерность момента.</li> <li>4. Пара сил и ее свойства. Момент пары сил.</li> <li>5. Приведение силы к центру (метод Пуансо).</li> <li>6. Приведение произвольной системы сил к центру. Главный вектор и главный момент.</li> <li>7. Условия и уравнения равновесия произвольной пространственной системы сил.</li> <li>8. Условия и уравнения равновесия для плоской системы сил.</li> <li>9. Сформулируйте цели и задачи курса «Прикладная механика».</li> </ol>	ОПК-4.1.2
<ol style="list-style-type: none"> <li>10. Какие объекты называются стержнями?</li> <li>11. Что такое прочность конструкции?</li> <li>12. Какие объекты называются пластинами и оболочками? В чем состоит разница между пластинами и оболочками?</li> <li>13. Какие тела называются объемными (массивами)?</li> <li>14. Какие материалы называют однородными / сплошными / изотроп-</li> </ol>	ОПК-4.1.2, ОПК-4.2.1

ными / анизотропными?

15. Сформулируйте принцип независимости действия сил. Какие положения сопротивления материалов обосновывают возможность применения принципа независимости действия сил (принципа суперпозиции)?
16. Сформулируйте принцип Сен-Венана.
17. Какие опорные закрепления Вы знаете, и какие реакции в них возникают?
18. Перечислите внутренние усилия в поперечных сечениях стержня для общего случая нагружения. Что такое "эпюра внутреннего усилия"?
19. Какие виды простой деформации прямолинейного стержня Вам известны (указать действующие внутренние усилия)?
20. Какое напряжение является опасным для хрупких / пластичных материалов (обозначение и название)? Почему?
21. Как вводят понятие "допускаемое напряжение", "коэффициент запаса прочности"?
22. В каком случае вид деформации стержня называют "осевая деформация"? При каких условиях нагружения стержня реализуется осевая деформация?
23. Сформулируйте гипотезу плоских сечений.
24. Запишите условие статической эквивалентности для продольной (нормальной) силы.
25. Сформулируйте правило знаков для продольной (нормальной) силы.
26. Сформулируйте признаки, по которым можно проверить правильность построения эпюр продольной (нормальной) силы (указать все известные признаки).
27. Запишите дифференциальную зависимость между продольной (нормальной) силой и продольной распределенной нагрузкой.
28. Запишите формулу, по которой вычисляют напряжения в поперечном сечении стержня при осевой деформации.
29. Запишите условие прочности при осевой деформации. Какие задачи можно решать с помощью этого условия?
30. Что такое жесткость поперечного сечения стержня при осевой деформации? Приведите выражение и поясните смысл входящих в него величин.
31. Как вычисляют удлинение стержня, если продольная (нормальная) сила и жесткость постоянны по длине стержня / меняются по длине стержня?
32. Как связаны продольная и поперечная относительные деформации при осевом растяжении (сжатии)? Что такое коэффициент Пуассона? В каких пределах находится его величина для изотропных материалов?
33. Какие материалы называют пластичными, какие хрупкими?
34. Изобразите характерную диаграмму растяжения образца из пластичного материала / из хрупкого материала.
35. Какая величина называется пределом пропорциональности / пределом текучести / пределом прочности (временным сопротивлением) / истинным сопротивлением разрыву?
36. Что понимают под наклепом материала? Как наклеп влияет на прочностные и пластические свойства материала?
37. Какие величины характеризуют пластические свойства материала и

	<p>как они определяются?</p> <p>38. Перечислите упругие постоянные изотропного материала, укажите их размерности. Приведите формулу, связывающую упругие постоянные.</p> <p>39. Запишите закон Гука для материала. Как называются входящие в него величины, какова их размерность?</p> <p>40. Что называется нормальным / касательным напряжением? Как связаны между собой полное, нормальное и касательное напряжения?</p> <p>41. Запишите тензор напряжений и дайте полное название одной из его компонент, расположенной на главной диагонали / вне главной диагонали.</p> <p>42. Опишите понятие «главные площадки» Как записывается условие существования главных площадок в случае объемного напряженного состояния?</p> <p>43. Какие напряжения называются главными?</p> <p>44. Какие типы напряженных состояний в точке тела Вы знаете? По какому признаку они различаются?</p> <p>45. Дайте определение понятиям "относительное удлинение", "относительный сдвиг".</p> <p>46. Какие оси называются главными осями деформаций?</p> <p>47. Зачем нужны гипотезы (теории) прочности? Что такое эквивалентное (расчетное) напряжение?</p>	
48. Что такое статический момент площади относительно некоторой оси и в каких единицах он измеряется?	ОПК-4.1.2	
<p>49. Какие оси координат называют центральными; что такое центр тяжести плоской фигуры? Как связаны между собой статический момент и площадь фигуры?</p> <p>50. Как вводятся понятия осевых и центробежного момента инерции для плоской фигуры, их размерность?</p> <p>51. Как вводится понятие "полярный момент инерции", как связаны между собой полярный и осевые моменты инерции?</p> <p>52. Пусть известен момент инерции <math>J</math> фигуры площадью <math>A</math> относительно центральной оси. Как определить момент инерции относительно оси, параллельной заданной?</p> <p>53. Какие оси называют главными осями инерции?</p>		
<p>54. В каком случае вид деформации стержня называется "кручение"? Сформулируйте правила знаков для крутящего момента.</p> <p>55. Запишите закон Гука при сдвиге. Как называются входящие в него величины, какова их размерность?</p> <p>56. По каким признакам проверяется правильность построения эпюры крутящего момента (указать все известные)?</p> <p>57. Запишите формулу для касательных напряжений при кручении круглых валов.</p> <p>58. Как записывают условие прочности при кручении для круглого вала и какие задачи оно позволяет решать?</p> <p>59. По какой формуле вычисляют угол закручивания круглого вала при постоянном по длине крутящем моменте?</p> <p>60. Что называют жесткостью поперечного сечения при кручении и какова ее размерность?</p> <p>61. Запишите условие жесткости при кручении вала круглого поперечного сечения.</p> <p>62. Какой вид деформации стержня называют "плоский изгиб"? В ка-</p>	ОПК-4.2.1	

	<p>ком случае изгиб называется чистым, в каком - поперечным?</p> <p>63. Сформулируйте правило знаков для внутренних усилий при плоском изгибе, поясните рисунком.</p> <p>64. Запишите дифференциальные зависимости между распределенной нагрузкой, поперечной силой и изгибающим моментом при плоском изгибе.</p> <p>65. По каким признакам можно проверить правильность эпюры поперечной силы / изгибающего момента (указать все известные признаки)?</p> <p>66. Запишите формулу для нормального напряжения при чистом изгибе.</p> <p>67. Что такое нейтральная (нулевая) линия?</p> <p>68. Какая величина называется осевым моментом сопротивления сечения и какова ее размерность?</p> <p>69. Запишите условие прочности по нормальным напряжениям для балок из пластичных материалов. Какие задачи можно решать с помощью этого условия?</p> <p>70. Запишите формулу для вычисления касательных напряжений при поперечном изгибе балки (формулу Журавского), поясните смысл и размерность используемых величин.</p>	
71. Что понимается под сложным сопротивлением (сложной деформацией)?	ОПК-4.1.2, ОПК-4.2.1	
<p>72. Запишите формулу для вычисления нормальных напряжений при косом изгибе.</p> <p>73. Как можно записать условия прочности при косом изгибе для балок прямоугольного сечения (частный случай)?</p> <p>74. При каком способе нагружения реализуется внецентренное растяжение (сжатие)?</p> <p>75. Запишите формулу для вычисления напряжения при внецентренном действии нагрузок.</p> <p>76. Запишите уравнение нейтральной линии при внецентренном растяжении (сжатии).</p> <p>77. Запишите условие прочности при внецентренном действии нагрузок для материалов, одинаково работающих при растяжении и сжатии.</p>		
<p>78. Что понимается под потерей устойчивости сжатого стержня?</p> <p>79. В каком случае форма равновесия называется устойчивой / неустойчивой / безразличной?</p> <p>80. Что такое критическая сила сжатого стержня?</p> <p>81. Запишите формулу для гибкости стержня.</p> <p>82. Что такое "приведенная длина стержня"?</p> <p>83. От чего зависит величина коэффициента приведения длины?</p> <p>84. Запишите формулу Эйлера / формулу Ясинского для критической силы.</p> <p>85. Запишите условие устойчивости сжатого стержня. Какие задачи оно позволяет решать?</p>	ОПК-4.2.1	

## Перечень и содержание экзаменационных задач

**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.

**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.

**Экзаменационная задача Э-3.** 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.

## Состав экзаменационного билета

**Для очной** формы обучения

Экзаменационная задача Э-2 и одна из задач Э-1, Э-3.

10 вопросов из перечня вопросов к экзамену.

**Для заочной** формы обучения

Экзаменационная задача Э-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 и 3.2.

Т а б л и ц а 3.1. Очная форма обучения

№ п/п	Материалы необходимые для оценки знаний, умений и навыков	Показатель оценивания	Критерии оценивания	Шкала оценивания		
1	Расчетно-графические работы № 1 -3	Выполнение РГР	Все РГР выполнены верно	50		
			РГР выполнены частично	1-49		
			РГР не выполнены	0		
<b>Итого количество баллов</b>				<b>50</b>		
2	Итоговый семестровый тест № 1	Правильность решения задачи	Задача решена	10		
			Задача не решена	0		
		Правильность ответа на вопрос (10 вопросов в тесте)	Получен правильный ответ на вопрос	1		
			Получен неполный ответ на вопрос	0,1-0,9		
			Получен неправильный ответ на вопрос или ответа нет	0		
Итого максимальное количество баллов за итоговый семестровый тест № 1				<b>20</b>		
<b>ИТОГО максимальное количество баллов</b>				<b>70</b>		

Т а б л и ц а 3.2. Заочная форма обучения

№ п/п	Материалы необходимые для оцен- ки знаний, умений и навыков	Показатель оценивания	Критерии оценивания	Шкала оценива- ния		
1	Контрольная работа № 1	Правильность решения	Работа выполнена правильно	25		
			Работа выполнена с ошибками	0		
2	Контрольная работа № 2	Правильность решения	Работа выполнена правильно	25		
			Работа выполнена с ошибками	0		
Итого количество баллов за контрольные работы				<b>50</b>		
3	Типовая задача 1,2	Правильность решения	Работа выполнена правильно	20		
			Работа выполнена с мелкими ошибками	10		
			Работа выполнена с грубыми ошибками	0		
Итого максимальное количество баллов за типовую задачу				<b>20</b>		
Всего максимальное количество баллов				<b>70</b>		

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

Процедура оценки индикаторов достижения компетенций представлена в табл.4.1 и 4.2.

## Формирование рейтинговой оценки по дисциплине

Т а б л и ц а 4.1. Очная форма обучения

<b>Вид контроля</b>	<b>Материалы, необходимые для оценивания</b>	<b>Максимальное количество баллов в процессе оценивания</b>	<b>Процедура оценивания</b>
<b>1. Текущий контроль</b>	Расчетно-графическая работа № 1-3; Итоговый семестровый тест №1	70	Количество баллов определяется в соответствии с табл.3.1 Допуск к зачету ≥ 50 балла
<b>2. Промежуточная аттестация</b>	Перечень вопросов экзамену, экзаменационные задачи	30	<ul style="list-style-type: none"> <li>• получены полные ответы на вопросы, решены экзаменационные задачи – 25-30 баллов;</li> <li>• получены достаточно полные ответы на вопросы, решены экзаменационные задачи с мелкими ошибками – 20-24 балла;</li> <li>• получены неполные ответы на вопросы или часть вопросов, экзаменационные задачи решены с мелкими ошибками – 11-20 баллов;</li> <li>• не получены ответы на вопросы или вопросы не раскрыты, задачи не решены 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 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. Заочная форма обучения

<b>Вид контроля</b>	<b>Материалы, необходимые для оценивания</b>	<b>Максимальное количество баллов в процессе оценивания</b>	<b>Процедура оценивания</b>
<b>1. Текущий контроль</b>	Контрольная работа № 1,2; Типовая задача 1,2	70	Количество баллов определяется в соответствии с табл.3.2 Допуск к зачету ≥ 50 баллов
<b>2. Промежуточная аттестация</b>	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, экзаменационные задачи не решены 0 – 10 баллов.</li> </ul>

<b>Вид контроля</b>	<b>Материалы, необходимые для оценивания</b>	<b>Максимальное количество баллов в процессе оценивания</b>	<b>Процедура оценивания</b>
			онная задача решена с мелкими ошибками – 11-20 баллов; • не получены ответы на вопросы или вопросы не раскрыты, задача не решена 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 экзаменационной задачи. Билет на экзамен содержит 5 вопросов из перечня вопросов промежуточной аттестации п.2 и одну экзаменационную задачу.

Итоговая оценка ставится в соответствии с таблицей 4.1 (очная форма) или 4.2 (заочная форма).

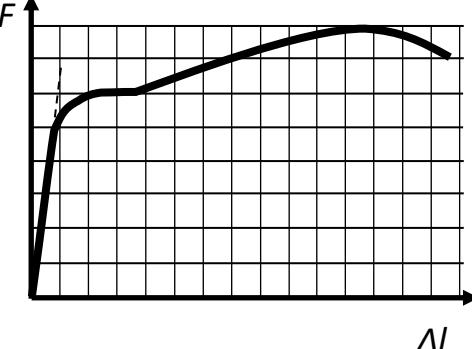
Обучающиеся имеют возможность пройти тестовые задания текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации в Центре тестирования университета.

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

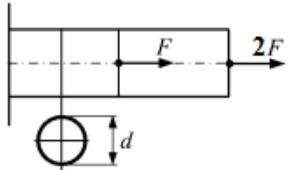
Проверка остаточных знаний обучающихся по дисциплине ведется с помощью оценочных материалов текущего и промежуточного контроля по проверке знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих индикаторы достижения компетенций.

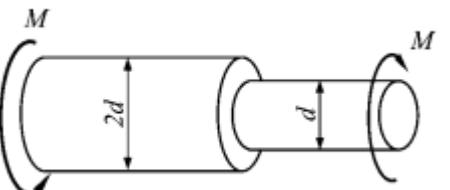
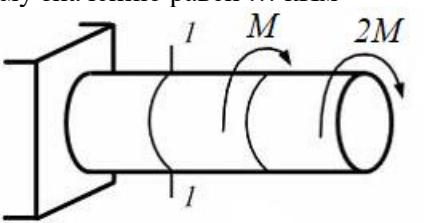
Оценочные задания для формирования диагностической работы по результатам освоения дисциплины (модуля) приведены в таблице 5.1

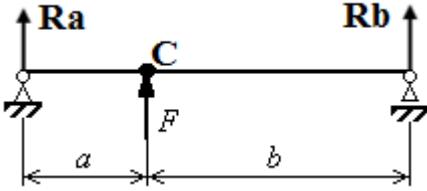
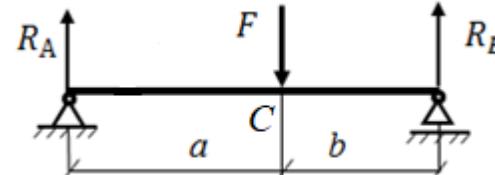
Таблица 5.1

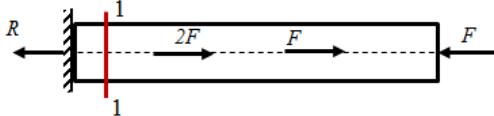
Индикатор достижения компетенции Знает - 1; Умеет- 2; Опыт деятельности - 3 (владеет/имеет навыки)	Содержание задания	Варианты ответа на вопросы тестовых заданий (для заданий закрытого типа)	Эталон ответа
<b>ОПК-4.</b> Способен выполнять проектирование и расчет транспортных объектов в соответствии с требованиями нормативных документов			
<b>ОПК-4.1</b> Знает требования нормативных документов для выполнения проектирования и расчета транспортных объектов	<p>1. Продемонстрируйте знания по основным экспериментальным методам механики деформируемого твердого тела.</p> <p>Цилиндрический образец диаметром <math>d = 10</math> мм испытывают на растяжение. Диаграмма растяжения показана на рисунке. Масштаб нагрузки – 0,003 МН. Предел пропорциональности материала равен ... МПа.</p>  <p>Ведите ответ в МПа.</p> <p>2. Продемонстрируйте знания по основным экспериментальным методам механики деформируемого твердого тела.</p> <p>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 25 %. Длина расчетной части после разрыва составила ...мм.</p>	$\sigma_{\text{пп}} = F_{\text{пп}} / A$ $A = 3,14 * (10\text{мм})^2 / 4$ $\sigma_{\text{пп}} = \frac{5 \cdot 0,003 \cdot 10^6 \cdot 4}{3,14 \cdot 100 \cdot 10^{-6}} = 191 \text{ МПа}$	

	<p>Ведите ответ в мм</p>		
	<p>3. Продемонстрируйте знания по основным гипотезам и допущениям, принятых в расчетах элементов конструкций транспортной инфраструктуры на прочность.</p> <p>Деталь машины нагружена осевыми силами, минимально допустимый диаметр поперечного сечения, из расчета на прочность по допускаемым напряжениям, равен...см.</p> <p><math>F=0,01 \text{ МН}</math>, <math>[\sigma]=160 \text{ МПа}</math>.</p> <p>Ведите ответ в см</p>	$\sigma_{\max} = N_{\max}/A < [\sigma]$ $A = \pi d^2/4$ ; $N_{\max} = 2F$ $d > \sqrt{\frac{4 \cdot 2F}{\pi[\sigma]}} =$ $= \sqrt{\frac{4 \cdot 2 \cdot 0,01}{3,14 \cdot 160}} =$ $= 0,0126 = 1,26 \text{ см}$	
	<p>4. Продемонстрируйте знания по основным гипотезам и допущениям, принятых в расчетах элементов конструкций транспортной инфраструктуры на прочность.</p> <p>На рисунке показан стержень, нагруженный силами, направленными вдоль оси. <math>F = 20 \text{ кН}</math>. Значение продольной силы в сечении 1-1 равно ...</p> <p>Ведите ответ в кН.</p>		$N = -F = -20 \text{ кН}$

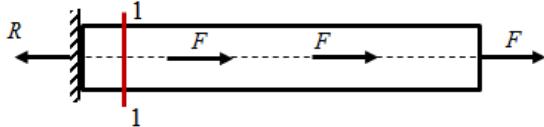
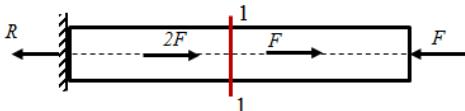
<p>5. Продемонстрируйте знания по основным гипотезам и допущениям, принятых в расчетах элементов конструкций транспортной инфраструктуры на прочность.</p> <p>Деталь машины нагружена осевыми силами, минимально допустимый диаметр поперечного сечения, из расчета на прочность по допускаемым напряжениям, равен...см.</p> <p><math>F=0,02 \text{ МН}</math>, <math>[\sigma]=160 \text{ МПа}</math>.</p>  <p>Ведите ответ в см.</p>		$\sigma_{\max} = N_{\max}/A < [\sigma]$ $A = \pi d^2/4; N_{\max} = 3F$ $d > \sqrt{\frac{4 \cdot 3F}{\pi[\sigma]}} =$ $= \sqrt{\frac{4 \cdot 3 \cdot 0,02}{3,14 \cdot 160}} =$ $= 0,0219 = 2,19 \text{ см}$
<p>6. Продемонстрируйте знания по основным гипотезам и допущениям, принятых в расчетах элементов конструкций транспортной инфраструктуры на прочность.</p> <p>При растяжении стальной детали машины силами <math>F</math> была замерена продольная деформация <math>\varepsilon=5 \cdot 10^{-4}</math>. После снятия нагрузки деформация обратилась в ноль. Нормальное напряжение в поперечном сечении детали машины равнялось... МПа.</p> <p>Модуль Юнга равен <math>2 \cdot 10^5</math> МПа.</p>  <p>Ведите ответ в МПа.</p>		$\sigma = E * \varepsilon = 2 * 10^5 * 5 * 10^{-4} = 100 \text{ МПа}$
<p>7. Продемонстрируйте знания по основным гипотезам и допущениям, принятых в расчетах элементов конструкций транспортной инфраструктуры на прочность.</p> <p>Установите соответствие между определениями главных центральных осей инерции.</p> <p>1) Центральные оси -</p>	<p>a) оси, относительно которых центробежный момент инерции равен нулю, осевые моменты инерции при этом достигают экстремальных значений</p>	<p>1)b) 2)a)</p>

	<p>2) Главные оси -</p> <p>b) оси, проходящие через центр тяжести попечерного сечения, относительно которых статические моменты инерции равны нулю</p>		
	<p>8. Продемонстрируйте знания по основным гипотезам и допущениям, принятых в расчетах элементов конструкций транспортной инфраструктуры на прочность.</p> <p>Ступенчатый вал нагружен моментами <math>M</math>. Из расчета на прочность по допускаемым касательным напряжениям максимально допустимое значение момента <math>M</math> равно ...кНм.</p> <p><math>d=1\text{ см}</math>, <math>[\tau]=80 \text{ МПа}</math>.</p>  <p>Ведите ответ в кНм</p>		$[M]=\pi d^3[\tau]/16=15,7 \text{ кНм}$
	<p>9. Продемонстрируйте знания по основным гипотезам и допущениям, принятых в расчетах элементов конструкций транспортной инфраструктуры на прочность.</p> <p>Вал, представленный на рисунке, загружен двумя моментами <math>M = 10 \text{ кНм}</math>. Крутящий момент в сечении 1 – 1 по абсолютному значению равен ... кНм</p> 		$M_{1-1} = 2M + M = 10 \cdot 3 = 30 \text{ кНм}$

	Ведите ответ в кНм.		
	<p>10. Продемонстрируйте знания по основным экспериментальным методам механики деформируемого твердого тела.</p> <p>Однопролетная балка нагружена силой <math>F = 20 \text{ кН}</math>, <math>a = 1 \text{ м}</math>, <math>b = 4 \text{ м}</math>.</p> <p>Изгибающий момент в сечении C равен ... кНм.</p> 		$R_A = \frac{-Fb}{(a+b)} = \frac{-20 \cdot 4}{5} = -16 \text{ кН}$ $M_C = R_A \cdot a = -16 \cdot 1 = -16 \text{ кНм}$
	<p>11. Продемонстрируйте знания по разделам: Плоский изгиб стержней.</p> <p>Однопролетная балка нагружена силой <math>F = 40 \text{ кН}</math>, <math>a = 3 \text{ м}</math>, <math>b = 2 \text{ м}</math>.</p> <p>Изгибающий момент в сечении C равен ... кНм.</p> 		$R_A = \frac{Fb}{(a+b)} = \frac{40 \cdot 2}{5} = 16 \text{ кН}$ $M_C = R_A \cdot a = 16 \cdot 3 = 48 \text{ кНм}$
	<p>12. Продемонстрируйте умение применять метод сечений при расчете на прочность элементов конструкций для различных</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• рассматриваем любую отсеченную</li> </ul>	1) рассекаем стержень сечением, перпендикулярным оси

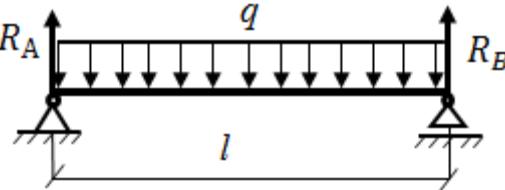
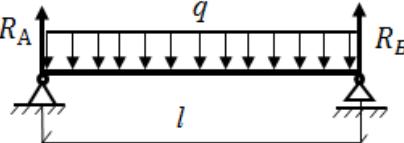
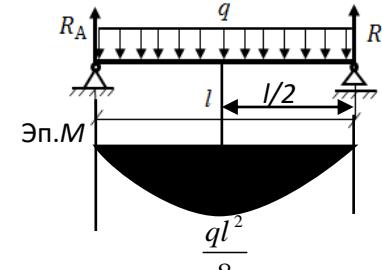
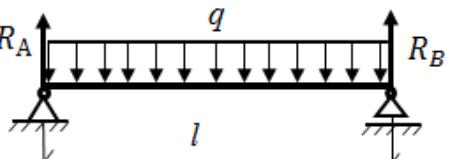
	<p>видов деформации. Опишите последовательность действий для определения внутренних усилий в элементах строительных конструкций методом сечений.</p>	<p>часть, при этом действие отброшенной части заменяется на положительный вектор внутреннего усилия</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• рассекаем стержень сечением, перпендикулярным оси</li> <li>• из уравнения статики находим вектор внутреннего усилия</li> <li>• составляем уравнение равновесия для данной отсеченной части</li> </ul>	<p>2) рассматриваем любую отсеченную часть, при этом действие отброшенной части заменяется на положительный вектор внутреннего усилия</p> <p>3) составляем уравнение равновесия для данной отсеченной части</p> <p>из уравнения статики находим вектор внутреннего усилия</p>
<b>ОПК-4.2</b> Умеет выполнять необходимые расчеты по проектированию транспортных объектов, в соответствии с нормативными документами	<p>13. Продемонстрируйте умение определять внутренние усилия в элементах конструкций, работающих на растяжение – сжатие при проектировании объектов железнодорожной инфраструктуры. На рисунке показан стержень, нагруженный силами, направленными вдоль оси. <math>F = 10 \text{ кН}</math>. Значение продольной силы в сечении 1-1 равно ...</p>  <p>Ведите ответ в кН.</p>		<p>20</p> $N = 2F + F - F = 2F = 20 \text{ кН}$
	14. Продемонстрируйте умение определять внутренние усилия в элементах конструкций, работающих на растяжение –		10

	<p>сжатие при проектировании объектов железнодорожной инфраструктуры. На рисунке показан стержень, нагруженный силами, направленными вдоль оси. <math>F = 10</math> кН. Значение продольной силы в сечении 1-1 равно ...</p> <p>Ведите ответ в кН.</p>		$N = 2F - F = F = 10$ кН
	<p>15. Продемонстрируйте умение определять опорные реакции при расчете на прочность элементов конструкции при проектировании объектов железнодорожной инфраструктуры. Колонна загружена собственным весом <math>q = 20</math> кН/м, высота колонны <math>l = 2</math> м. Реакция в заделке равна ...</p> <p>Ведите значение <math>R</math> в кН.</p>		<p>40</p> $R = q * l = 20 * 2 = 40$ кН
	<p>16. Продемонстрируйте умение определять внутренние усилия в элементах конструкций, работающих на растяжение – сжатие при проектировании объектов железнодорожной инфраструктуры. На рисунке показан стержень, нагруженный силами, направленными вдоль оси. <math>F = 10</math> кН. Значение продольной силы в сечении 1-1 равно ...</p>		<p>30</p> $N = F + F + F = 3F = 30$ кН

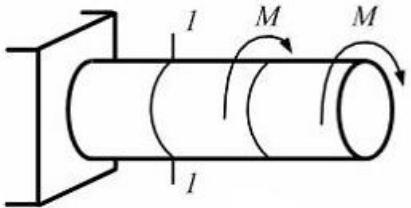
	 <p>Введите ответ в кН.</p>		
17.	<p>Продемонстрируйте умение определять внутренние усилия в элементах конструкций, работающих на растяжение – сжатие при проектировании объектов железнодорожной инфраструктуры. На рисунке показан стержень, нагруженный силами, направленными вдоль оси. <math>F = 15</math> кН. Значение продольной силы в сечении 1-1 равно ...</p>  <p>Введите ответ в кН.</p>		<p>0</p> $N = F - F = 0 \text{ кН}$
18.	<p>Продемонстрируйте умение определять внутренние усилия в элементах конструкций, работающих на растяжение – сжатие при проектировании объектов железнодорожной инфраструктуры. 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>30</p> $N = 3F - F = 2F = 30 \text{ кН}$
19.	<p>Продемонстрируйте умение определять внутренние усилия в элементах конструкций, работающих на растяжение – сжатие при проектировании объектов железнодорожной инфраструктуры. На рисунке показан стержень, нагруженный силами, направленными вдоль оси. <math>F = 20</math> кН. Значение продольной силы в сечении 1-1 равно ...</p>		<p>-20</p> $N = -F = -20 \text{ кН}$

	<p>Ведите ответ в кН.</p>		
20.	<p>Продемонстрируйте умение определять опорные реакции. На рисунке показан стержень, нагруженный силами, направленными вдоль оси. <math>F = 10 \text{ кН}</math></p> <p>Реакция <math>R</math> в заделке равна ...</p> <p>Ведите ответ в кН.</p>		<p>20</p> $N = 3F + F - F = 2F = 20 \text{ кН}$
21.	<p>Продемонстрируйте умение определять внутренние усилия в элементах конструкций при проектировании объектов железнодорожной инфраструктуры. 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> <p>Ведите значение по модулю в кН.</p>		<p>24</p> $Q = R_A$ $R_A = \frac{Fb}{(a+b)} = \frac{60 \cdot 2}{5} = 24 \text{ кН}$ $Q = 24 \text{ кН}$
22.	<p>Продемонстрируйте умение определять внутренние усилия в элементах конструкций при проектировании объектов железнодорожной инфраструктуры. 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>Изгибающий момент в сечении С равен ...</p>		<p>72</p>

	<p>Введите значение в кНм.</p>		$R_A = \frac{Fb}{(a+b)} = \frac{60 \cdot 2}{5} = 24 \text{ кН}$ $Mc = R_A * a = 24 * 3 = 72 \text{ кНм}$
23.	<p>Продемонстрируйте умение определять внутренние усилия в элементах конструкций при проектировании объектов железнодорожной инфраструктуры. Расчетная схема главной балки мостового крана представлена в виде однопролетной балки, нагруженной силой <math>F = 40 \text{ кН}</math>, <math>a = 3 \text{ м}</math>, <math>b = 2 \text{ м}</math>. Изгибающий момент в сечении <math>C</math> равен ... кНм.</p> <p>Введите ответ</p>	48	$R_A = \frac{Fb}{(a+b)} = \frac{40 \cdot 2}{5} = 16 \text{ кН}$ $Mc = R_A * a = 16 * 3 = 48 \text{ кНм}$
24.	<p>Продемонстрируйте умение определять опорные реакции в закреплениях элемента конструкции при проектировании объектов железнодорожной инфраструктуры.</p> <p>Шарнирно-опертая балка загружена равномерно распределенной нагрузкой <math>q = 10 \text{ кН/м}</math>, <math>l = 4 \text{ м}</math>.</p> <p>Реакция <math>R_A = \dots</math></p>	20	$R_A = \frac{q \cdot l \cdot 0,5l}{l} = \frac{q \cdot l}{2} = 20 \text{ кН}$

	 <p>Введите ответ в кН.</p>		
25.	<p>Продемонстрируйте умение определять внутренние усилия в элементах конструкций при проектировании объектов железнодорожной инфраструктуры.</p> <p>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>20</p>  $M_{\max} = R_A \cdot \frac{l}{2} - q \cdot \frac{l}{2} \cdot \frac{l}{4} = \frac{ql^2}{8} = -20 \text{ кНм}$ $R_A = R_B = \frac{ql}{2} = 20 \text{ кН}$
26.	<p>Продемонстрируйте умение определять опорные реакции в закреплениях элемента конструкции при проектировании объектов железнодорожной инфраструктуры.</p> <p>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>		$R_B = \frac{q \cdot l \cdot 0,5l}{l} = \frac{q \cdot l}{2} = 16 \text{ кН}$

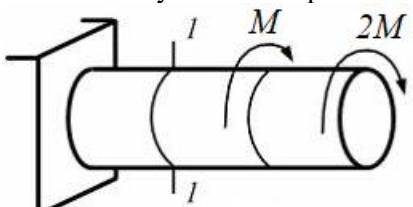
	<p>27. Продемонстрируйте умение определять опорные реакции в закреплениях элемента конструкции при проектировании объектов железнодорожной инфраструктуры.</p> <p>Однопролетная балка нагружена моментом <math>M = 50 \text{ кНм}</math>, <math>a = 2 \text{ м}</math>, <math>b = 3 \text{ м}</math>. Реакция <math>R_A</math> равна ...</p> <p>Ведите ответ в кН.</p>		<p>10</p> $R_A = \frac{M}{(a+b)} = \frac{50}{5} = 10 \text{ кНм}$
	<p>28. Продемонстрируйте умение определять опорные реакции в закреплениях элемента конструкции при проектировании объектов железнодорожной инфраструктуры.</p> <p>Однопролетная балка нагружена моментов <math>M = 60 \text{ кНм}</math>, <math>a = 2 \text{ м}</math>, <math>b = 3 \text{ м}</math>. Реакция <math>R_A</math> равна ...</p> <p>Ведите ответ в кН.</p>		<p>12</p> $R_B = \frac{M}{(a+b)} = \frac{60}{5} = 12 \text{ кНм}$
	<p>29. Продемонстрируйте умение определять внутренние усилия в элементах конструкций при проектировании объектов железнодорожной инфраструктуры.</p> <p>Вал, представленный на рисунке, загружен двумя моментами <math>M = 40 \text{ кНм}</math>. Крутящий момент в сечении 1 – 1 по абсолютному значению равен ... кНм</p>		<p>80</p> $M_{1-1} = 2M = 40 \cdot 2 = 80 \text{ кНм}$



Ведите ответ.

30. Продемонстрируйте умение определять внутренние усилия в элементах конструкций при проектировании объектов железнодорожной инфраструктуры.

Вал, представленный на рисунке, загружен двумя моментами  $M = 20$  кНм. Крутящий момент в сечении 1 – 1 по абсолютному значению равен ... кНм



Ведите ответ.

31. Продемонстрируйте умение определять внутренние усилия в элементах конструкций при проектировании объектов железнодорожной инфраструктуры.

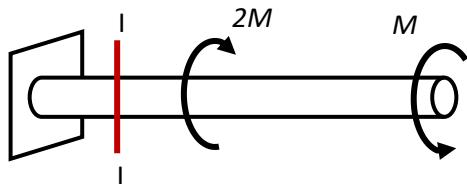
Вал, представленный на рисунке, загружен двумя моментами  $M = 40$  кНм. Крутящий момент в сечении 1 – 1 по абсолютному значению равен ... кНм

60

$$M_{1-1} = 2M + M = 20 \cdot 3 = 60 \text{ кНм}$$

40

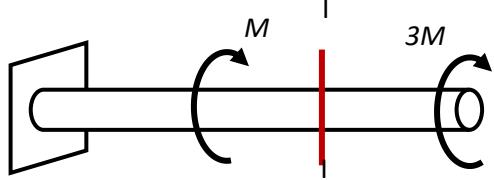
$$M_{1-1} = 2M - M = 40 \text{ кНм}$$



Введите ответ.

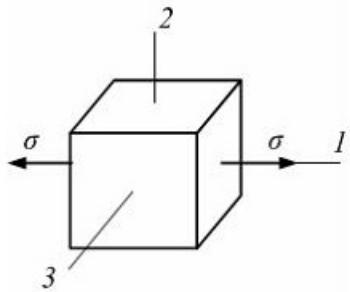
32. Продемонстрируйте умение определять внутренние усилия в элементах конструкций при проектировании объектов железнодорожной инфраструктуры.

Вал, представленный на рисунке, загружен двумя моментами  $M = 10$  кНм. Крутящий момент в сечении 1 – 1 по абсолютному значению равен ... кНм.



Введите ответ.

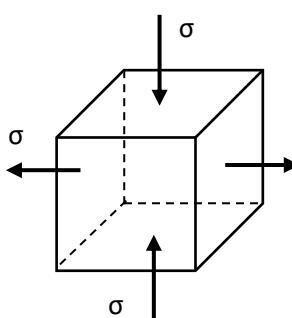
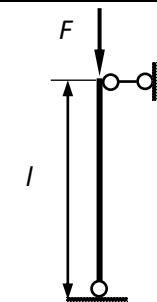
33. Продемонстрируйте умение проводить анализ напряжено-деформированного состояния в точке тела. В элементе мостовой конструкции возникает напряженное состояние, представленное на рисунке.



30

$$M_{I-I} = 3M = 30 \text{ кНм}$$

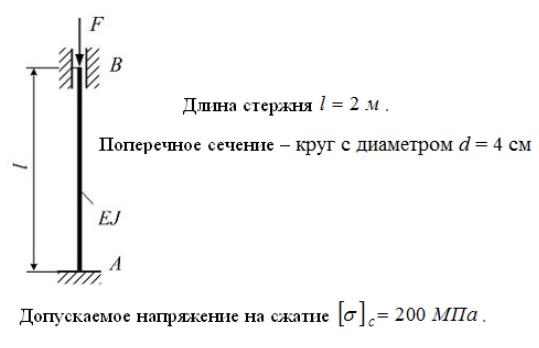
$$\sigma_1 = \sigma, \sigma_2 = 0, \sigma_3 = 0$$

	<p>Главные напряжения <math>\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3</math> равны ...</p> <p>34. Продемонстрируйте умение применять типовые методы анализа напряженного и деформированного состояния элементов конструкций и определять главные напряжения. В элементе конструкции возникает напряженное состояние, представленное на рисунке.</p> 		$\sigma_1 = \sigma, \sigma_2 = 0,$ $\sigma_3 = -\sigma$
	<p>Главные напряжения <math>\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3</math> равны ...</p> <p>35. Продемонстрируйте умение вычислять критическое напряжение в центрально сжатом стержне.</p> <p>Стойка представляет собой стержень круглого сечения диаметром <math>d = 4</math> см, нагруженный внешней силой <math>F</math>. Модуль упругости материала <math>E = 2 \cdot 10^5</math> МПа, длина <math>l = 2</math> м.</p> <p>Значение критического напряжения равно ...      (при расчете принять <math>\pi^2 \approx 10</math>)</p>		<p>50 МПа</p> $\lambda = \frac{\mu l}{i_{\min}} = \frac{1 \cdot 200 \text{ см}}{1 \text{ см}} = 200$ $\mu = 1, i_{\min} = d/4 = 1 \text{ см}$ $\lambda > 100 = \lambda_{\text{пр}} \Rightarrow \text{критическое напряжение нужно вычислять по формуле Эйлера.}$ $\sigma_{kp} = \frac{F_{kp}}{A} = \frac{\pi^2 EI_{\min}}{(\mu l)^2} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} =$ $= \frac{10 \cdot 2 \cdot 10^5}{200^2} = 50 \text{ МПа}$

36. 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



37. 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  $[\sigma]_c = 200 \text{ МПа}$ .

120

$$\mu = 0,5, i_{min} = d/4 = 1 \text{ см}$$

$$\lambda = \frac{\mu l}{i_{min}} = \frac{0,5 \cdot 200 \text{ см}}{1 \text{ см}} = 100$$

$$\varphi = 0,6$$

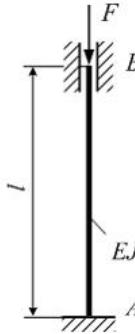
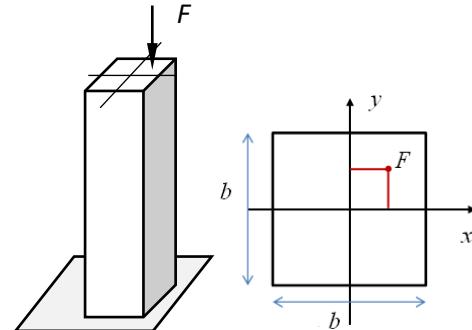
$$[\sigma]_y = [\sigma]_c \cdot \varphi = 200 * 0,6 = 120 \text{ МПа}$$

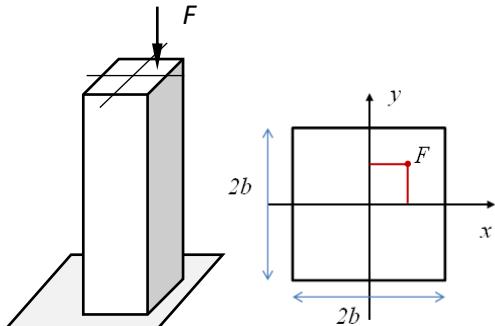
$$\mu = 1, i_{min} = d/4 = 1,5 \text{ см}$$

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

$$\varphi = 0,45$$

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

<p>38. Продемонстрируйте умение вести расчеты на устойчивость. Во сколько раз уменьшится критическая сила, если у стойки удалить опору В.</p> <p></p> <p>(при решении учитывайте, что напряжение в стержнях не превышают предел пропорциональности)</p>	<p>Уменьшится в 16 раз.</p> $F_{kp} = \frac{\pi^2 EI_{min}}{(\mu l)^2}$ $F_{kp}^{(1)} = \frac{\pi^2 EI_{min}}{(0,5l)^2},$ $F_{kp}^{(2)} = \frac{\pi^2 EI_{min}}{(2l)^2}$ $\frac{F_{kp}^{(2)}}{F_{kp}^{(1)}} = \frac{(0,5)^2}{2^2} = \frac{1}{16}$ <p>Критическая сила уменьшится в 16 раз.</p>
<p>39. 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> <p></p>	<p>40</p> <p>Координаты опасной точки <math>x_{op} = 5</math> см, <math>y_{op} = 5</math> см.</p> $A = 100\text{cm}^2.$ $i_x^2 = b^2/12$ $ \sigma _{max} = \left  \frac{F}{A} \left( 1 + \frac{y_F y_{on}}{i_x^2} + \frac{x_F x_{on}}{i_y^2} \right) \right  =$ $= \frac{100 \cdot 10^{-3} MH}{100 \cdot 10^{-4} m^2} \left( 1 + \frac{2,5 \cdot 5 \cdot 12}{100} \cdot 2 \right) =$ $= 40 MPa$

	Ведите значение в МПа.		
	<p>40. 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>Ведите значение в МПа.</p>		<p>80</p> <p>Координаты опасной точки  <math>x_{оп} = 5</math> см, <math>y_{оп} = 5</math> см.  <math>A = 400\text{см}^2</math>.  <math>i_x^2 = b^2/12</math></p> $ \sigma _{\max} = \left  \frac{F}{A} \left( 1 + \frac{y_F y_{on}}{i_x^2} + \frac{x_F x_{on}}{i_y^2} \right) \right  =$ $= \frac{800 \cdot 10^{-3} \text{МН}}{400 \cdot 10^{-4} \text{м}^2} \left( 1 + \frac{5 \cdot 10 \cdot 12}{400} \cdot 2 \right) =$ $= 80 \text{МПа}$

Разработчик оценочных материалов,  
доцент  
18.12.2024 г.

\_\_\_\_\_

O.B. Козьминская