

**МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**КРАСНОЯРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

им. В.П. Астафьева  
(КГПУ им. В.П. Астафьева)

Кафедра-разработчик  
Кафедра технологии и предпринимательства

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ОСНОВЫ ТЕОРИИ ПРОЧНОСТИ**

Направление подготовки:

44.03.05 Педагогическое образование  
(с двумя профилями подготовки)

направленность (профиль) образовательной программы  
Физика и технология

квалификация (степень) выпускника:  
бакалавр

Очная форма обучения

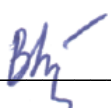
Красноярск, 2020

Рабочая программа дисциплины «Основы теории прочности» составлена доктором пед. наук, канд. физ.-мат. наук, профессором, профессором кафедры технологии и предпринимательства И.В. Богомаз.


Рабочая программа дисциплины обсуждена на заседании кафедры технологии и предпринимательства


23 мая 2018 г., протокол № 8  
и.о. заведующего кафедрой  
канд. тех. наук, доцент \_\_\_\_\_  С.В. Бортновский

Рабочая программа дисциплины обсуждена на заседании кафедры физики и методики обучения физике


20 мая 2018 г., протокол № 7  
заведующий кафедрой  
доктор пед. наук, профессор \_\_\_\_\_  В.И.Тесленко

Одобрено НМСС(Н)  
Института математики, физики и информатики  
23 мая 2018 г., протокол № 8


Председатель \_\_\_\_\_  С.В. Бортновский  
Рабочая программа дисциплины дополнена и скорректирована на заседании кафедры технологии и предпринимательства

8 мая 2019 г., протокол № 9  
и.о. заведующего кафедрой  
канд. тех. наук, доцент \_\_\_\_\_  С.В. Бортновский

Рабочая программа дисциплины обсуждена на заседании кафедры физики и методики обучения физике

15 мая 2019 г., протокол № 8  
заведующий кафедрой  
доктор пед. наук, профессор \_\_\_\_\_  В.И.Тесленко


Одобрено НМСС(Н)  
Института математики, физики и информатики  
16 мая 2019 г., протокол № 8


Председатель \_\_\_\_\_  С.В. Бортновский

Рабочая программа дисциплины «Основы теории прочности» актуализирована док. пед. наук, профессором И.В. Богомаз

Рабочая программа дисциплины дополнена и скорректирована на заседании кафедры технологии и предпринимательства

« 06 » 05 2020 г., протокол № 5

Заведующий кафедрой  С.В. Бортновский  
Рабочая программа дисциплины обсуждена на заседании кафедры физики и методики обучения физике

15 мая 2020 г., протокол № 8  
заведующий кафедрой  
доктор пед. наук, профессор  В.И.Тесленко

Одобрено НМСС(Н)  
Института математики, физики и информатики

« 20 » 05 2020 г., протокол № 8

Председатель  С.В. Бортновский

Рабочая программа дисциплины «Основы теории прочности» актуализирована док. пед. наук, профессором И.В. Богомаз

Рабочая программа дисциплины дополнена и скорректирована на заседании кафедры технологии и предпринимательства

« 12 » 05 2021 г., протокол № 7

Заведующий кафедрой  С.В. Бортновский


Одобрено НМСС(Н)  
Института математики, физики и информатики

« 21 » 05 2021 г., протокол № 7

Председатель  С.В. Бортновский

Рабочая программа дисциплины «Основы теории прочности» актуализирована и скорректирована на заседании кафедры технологии и предпринимательства д-р. пед. наук, И.В. Богомаз

« 11 » 05 2022 г., протокол № 7

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  С.В. Бортновский

Одобрено НМСС(Н)

Института математики, физики и информатики

« 12 » 05 2022 г., протокол № 8

Председатель \_\_\_\_\_  С.В. Бортновский

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Рабочая программа дисциплины «Основы теории прочности» разработана в соответствии с:

– ФГОС ВО № 91 от 09.02.2016 направления подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование» (с двумя профилями подготовки).

– Федеральным законом «Об образовании в РФ» от 29.12.2012 № 273-ФЗ; профессиональным стандартом «Педагог», утвержденным приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 18 октября 2013 г. № 544н.; нормативно-правовыми документами, регламентирующими образовательный процесс по направленности (профилю) образовательной программы Физика и технология, очной формы обучения в ИМФИ КГПУ им. В.П. Астафьева, с присвоением квалификации бакалавр.

Учебный курс «Основы теории прочности» относится к вариативной части учебного плана основной образовательной программы и основывается на ранее изученных дисциплинах 44.03.05 «Педагогическое образование» (с двумя профилями подготовки).

### 1. Общая трудоемкость дисциплины - в З.Е. и часах

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа.

Всего часов	Аудиторных часов			СР
	Конт.	лекции	лабораторные работы	
72	36	18	18	36

Дисциплина, согласно графику учебного процесса, реализуется на 2 курсе в 3-4 семестрах. Форма итогового контроля – зачет.

**3. Цель освоения дисциплины «Основы теории прочности» и ее изучение** является освоение студентами ее студентами физико-технологического педагогического профиля является формирование профессионально- педагогического потенциала студентов в прикладных вопросах технического использования физико-математических знаний, развитие научно-технического, инженерного аналитического и творческого мышления студентов, теоретическая и практическая подготовка студентов для работы в качестве современных учителей общеобразовательной учебных заведений по образовательным направлениям «физика» и «технология», а также для работы организаторами и преподавателями образовательных курсов (программ) в средах дополнительного образования детей, связанных с развитием творческого технического и инженерного стиля мышления учащихся.

В целом курс «Основы теории прочности» должен вооружить будущего учителя необходимыми современными знаниями, умениями и навыками, позволяющими ему на высоком компетентностном уровне решать профессиональные задачи в средней школе и быть способным к непрерывному самосовершенствованию и самообразованию.

### 4 . Планируемые результаты обучения.

В ходе изучения дисциплины «Основы теории прочности» осуществляется формирование компетенций:

ОК-3: способность использовать естественнонаучные и математические знания для ориентирования в современном информационном пространстве.

ОК-4: способность к коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач межличностного и межкультурного взаимодействия.

ОК-6: способность работать в команде, толерантно воспринимать социальные, культурные и личностные различия.

ОПК-1: готовность сознавать социальную значимость своей будущей профессии, обладать мотивацией к осуществлению профессиональной деятельности

ОПК-2: способность осуществлять обучение, воспитание и развитие с учетом социальных, возрастных, психофизических и индивидуальных особенностей, в том числе особых образовательных потребностей обучающихся.

ОПК-3: готовность к психолого-педагогическому сопровождению учебно-воспитательного процесса.

ПК-1: готовность реализовывать образовательные программы по учебному предмету в соответствии с требованиями образовательных стандартов.

ПК-4: способность использовать возможности образовательной среды для достижения личностных, метапредметных и предметных результатов обучения и обеспечения качества учебно-воспитательного процесса средствами преподаваемых учебных предметов

ПК-6: готовность к взаимодействию с участниками образовательного процесса

ПК-12: способность руководить учебно-исследовательской деятельностью обучающихся.

<b>Планируемые результаты обучения</b>		
<b>Задачи освоения дисциплины</b>	<b>Планируемые результаты обучения по дисциплине (дескрипторы)</b>	<b>Компетенция</b>
Освоение студентами общих принципов и частных, специальных методов теоретической работы по разным разделам (темам) учебного (научного) материала дисциплины, формирование способностей использовать естественнонаучные и математические знания для ориентирования в современном информационном пространстве	Знать Основные общие физико-математические принципы и специальные методы учебно-теоретической работы для разных разделов (тем) дисциплины, понимать контексты и условия применения физико-математических знаний	ОК-3
	Уметь Применять изучаемые при обучении в вузе физико-математические принципы, методы, подходы при постановке и решении теоретических и прикладных задач	
	Владеть Навыками выбора необходимых физико-математических принципов, методов, инструментов при решении учебных задач, выполнении научно-теоретических и научно-практических работ	
Формирование у студентов практических способностей коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач межличностного и межкультурного	Знать На хорошем уровне русский язык и на пользовательском уровне хотя бы один иностранный язык	ОК-4
	Уметь Формулировать свои мысли на русском и иностранном языках в устной и письменной форме и выражать их в межличностных и межкультурных коммуникациях, воспринимать устную и письменную речь других людей	

взаимодействия	Владеть Навыками практических межличностных и межкультурных коммуникаций с разными русскоговорящими и иноязычными аудиториями	
Формирование способностей студентов работать в команде, толерантно воспринимать социальные, культурные и личностные различия	Знать Принципы и смыслы организации групповой, работы, особенности взаимодействия людей в коллективе, необходимость учета индивидуально-личностных факторов	ОК-6
	Уметь Работать в команде в разных ролевых позициях: проектировщика, исполнителя, организатора	
	Владеть Навыками практической работы в проектных командах	
Становление профессионально-педагогического мировоззрения у студентов, формирование осознанного восприятия социальной значимости своей будущей профессии, развитие личностной мотивации к осуществлению профессиональной педагогической деятельности	Знать и понимать Ценностные смыслы, содержательные и функциональные принципы методы и технологии, социокультурные и индивидуально-психологические особенности профессиональной педагогической деятельности в разных организационно-педагогических системах и средах	ОПК-1
	Уметь Аналитически и критически воспринимать разные аспекты педагогической деятельности, проектировать собственные профессионально-педагогические подходы и организационные модели, способные обеспечить продуктивность и эффективность педагогических процессов	
	Владеть Навыками рефлексивно-аналитической профессиональной активности, проектно-разработческим инструментарием, обладать социально-коммуникативной мобильностью для обеспечения возможности профессионально-педагогической деятельности в разных организационных научно-педагогических и образовательных системах и коллективах	
Формирование у студентов практических способностей организовывать обучение, воспитание и развитие с учетом социальных, возрастных, психофизических и индивидуальных особенностей, в том числе особых образовательных потребностей обучающихся	Знать и понимать Психологические и педагогические принципы эффективной организации образовательной работы с разными человеческими аудиториями с учетом индивидуально-личностных факторов	ОПК-2
	Уметь Проектировать и организовывать педагогические действия с учетом комплекса различных факторов, характеризующих человеческую личность	
	Владеть Навыками проектирования и практической организации педагогических действий с учетом комплекса индивидуально-личностных характеристик человека	

Формирование у студентов готовности к психолого-педагогическому сопровождению учебно-воспитательного процесса	Знать Основные педагогические, психологические и управленческие нормы, требования и факторы, способствующие эффективной организации психолого-педагогического сопровождения учебно-воспитательного процесса	ОПК-3
	Уметь Организовывать эффективные действия по организации психолого-педагогического сопровождения учебно-воспитательного процесса с разными целевыми аудиториями и в разных средовых условиях	
	Владеть Практическими навыками организации эффективного психолого-педагогического сопровождения учебно-воспитательного процесса с разными целевыми аудиториями	
Формирование у студентов понимания требований образовательных стандартов в контексте изучаемой (преподаваемой) дисциплины и необходимости их выполнения в профессиональной деятельности	Знать Необходимые по специфике профессиональной деятельности образовательные стандарты	ПК-1
	Уметь Проектировать содержание и модели профессиональных действий с соблюдением образовательных стандартов	
	Владеть Навыками организации педагогической деятельности с соблюдением образовательных стандартов	
Формирование у студентов способностей использования возможностей образовательной среды для достижения личностных, метапредметных и предметных результатов обучения и обеспечения качества учебно-воспитательного процесса средствами преподаваемых учебных предметов	Знать и понимать Особенности и эффекты влияния различных образовательно-средовых факторов на достижение обучающимися личностных, метапредметных и предметных результатов в контексте преподаваемых учебных предметов	ПК-4
	Уметь Проектировать и организовывать образовательно-средовые факторы в предметном и внепредметном образовательном поле для обеспечения личностных, метапредметных и предметных результатов обучающихся	
	Владеть Практическими навыками проектирования и организации разных возможностей конкретных образовательных сред для достижения обучающимися новых личностных, метапредметных и предметных результатов	
Формирование у студентов практических способностей взаимодействия с участниками образовательных процессов	Знать и понимать Особенности и специфику целевой аудитории, с которой будет необходимо взаимодействовать в каких-то конкретных образовательных процессах	ПК-6
	Уметь Организовывать образовательные коммуникации с разными целевыми группами и включаться в коммуникации работающих групп	



	Владеть Практическими навыками коммуникации с разными людьми и целевыми группами в педагогическом контексте	
Формирование у студентов практических способностей проектирования, организации и руководства учебно- исследовательской деятельностью обучающихся	Знать Основные принципы и подходы к проектированию и организации учебно-исследовательской деятельности обучающихся, важные аспекты руководства ею	ПК-12
	Уметь Проектировать и организовывать учебно-исследовательскую деятельность учащихся в тематических контекстах дисциплины	
	Владеть Практическими навыками проектирования, организации и управления учебно-исследовательской деятельностью обучающихся	

## 5. Контроль результатов освоения дисциплины

В качестве методов текущего контроля успеваемости используются:

- комплект разноуровневых задач;
- собеседование (устный опрос);
- наблюдение общегрупповых решений и обсуждений учебных задач у доски и на местах;
- контрольные задания (работы) и их публичная защита студентом перед аудиторией учебной группы;
- комплект билетов для экзамена.

Формой промежуточной аттестации является экзамен.

Оценочные средства результатов освоения дисциплины и критерии оценки выполнения заданий представлены в разделе «Фонды оценочных средств для проведения промежуточной аттестации».

## 6. Перечень образовательных технологий, используемых при освоении дисциплины.

Современное традиционное обучение (лекционно-семинарская-зачетная система).

Интерактивные технологии.

Технологии индивидуализации обучения.

Технологии интеграции в образовании.

Технологии продуктивного образования.

Технологии эвристического образования.

**ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ**  
**Технологическая карта обучения дисциплине «Основы теории прочности»**  
**для обучающихся образовательной программы**  
**направление подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)**  
**направленность (профиль) образовательной программы Физика и технология**  
**квалификация (степень) выпускника БАКАЛАВР**  
**по очной форме обучения**  
**(общая трудоёмкость 2 з.е.)**

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего часов	Аудиторных часов			Внеаудиторных часов	Формы и методы контроля
		Всего	лекций	лабораторных работ		
Раздел 1 Простые виды нагружений бруса	38	20	10	10	18	Индивидуальное задание №1. Тестирование
Раздел 2 Сдвиг. Расчеты на срез и смятие. Сложное сопротивление бруса.	34	16	8	8	18	Индивидуальное задание №2. Тестирование
<b>Всего часов</b>	<b>72</b>	<b>36</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>36</b>	
<b>Форма итогового контроля по учебному плану (зачет)</b>						Зачет
<b>ИТОГО</b>	<b>72</b>	<b>36</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>36</b>	

## 1.1. Содержание основных разделов и тем дисциплины

### Раздел 1 Простые виды нагружений бруса

**Тема 1.1. Произвольная плоская система сил. Условия равновесия.** Произвольная плоская система сил. Условия равновесия плоской системы сил. Три формы условий равновесия. Реакция заделки. Определение реакций опор шарнирноопертой балки. Условия равновесия системы тел и составных конструкций. Определение реакций опор составных конструкций. Условия равновесия пространственной системы сил. Пространственная заделка.

**Тема 1.2. Введение. Задачи и содержание курса. Анализ внутренних усилий.** Введение. Задачи и содержание дисциплины «Соппротивление материалов» (СМ). Понятие прочности, жесткости и устойчивости. История науки о прочности. Реальный объект и расчетная схема. Геометрическая схематизация элементов конструкций. Основные гипотезы. Внешние силы, их классификация. Принцип независимости действия сил. Внутренние силы. Метод сечений. Главный вектор и главный момент внутренних сил.

**Тема 1.3. Вид нагружения бруса – растяжение (сжатие). Построение эпюр  $N$ .**

Растяжение и сжатие бруса. Примеры из инженерной практики. Продольное усилие  $N$ . Метод сечений. Правила контроля и построения эпюр продольных усилий.

**Тема 1.4. Перемещение при растяжении (сжатии). Построение эпюр  $\Delta l$ .** Продольные и поперечные деформации бруса при растяжении, сжатии. Коэффициент Пуассона. Определение перемещений. Правила построения и контроля эпюр перемещений.

**Тема 1.5. Понятие о напряжении и деформации. Условие прочности и условие жесткости при растяжении (сжатии).** Напряжения в поперечном сечении. Гипотеза Бернулли. Принцип Сен-Венана. Основные допущения. Напряжения в сечениях, наклонных к оси бруса. Интегральные зависимости между составляющими напряжения и суммарными внутренними силовыми факторами. Эпюры напряжений. Абсолютные и относительные деформации. Перемещения и деформации. Напряженное и деформированное состояние в точке. Закон Гука при растяжении, сжатии. Модуль упругости  $E$ . Условие жесткости при растяжении, сжатии.

**Тема 1.6. Механические испытания материалов. Диаграмма растяжения материалов.** Механическое испытание материалов на растяжение и сжатие. Диаграмма растяжения для пластичной стали. Основные характеристики прочности и пластичности материалов. Истинная и условная диаграмма напряжений. Закон разгрузки и повторного нагружения. Явление наклепа. Диаграмма сжатия. Физическая сущность механизма упругой и пластической деформации. Понятие о ползучести и релаксации.

**Тема 1.7. Методы расчетов на прочность.** Общий подход к расчету на прочность. Методы расчета на прочность: проектный расчет, проверочный расчет, определение несущей способности. Методы расчета на прочность по допускаемым напряжениям, нагрузкам, состояниям, напряжения, запас прочности Расчетные и нормативные нагрузки. Коэффициент условий работы. СНИП. Примеры.

**Тема 1.8. Геометрические характеристики плоских сечений.** Геометрические характеристики сечений. Статический момент плоского сечения. Определение положения

центра тяжести плоского сечения. Моменты инерции простых фигур. Зависимость между геометрическими характеристиками для параллельных осей. Определение положения главных осей и вычисление главных центральных моментов инерции сложных сечений. Главные оси и главные моменты инерции. Примеры.

**Тема 1.9. Вид нагружения бруса – кручение. Построение эпюр.** Кручение. Основные допущения. Кручение стержней круглого сечения. Угол закручивания. Жесткость при кручении. Главные напряжения и главные площадки. Моменты сопротивления сплошных и полых стержней круглого сечения. Расчеты валов на прочность и жесткость. Анализ напряженного состояния и характер разрушения валов изготовленных из различных материалов.

## **Раздел 2. Сдвиг. Расчеты на срез и смятие**

**Тема 2.1.** Сдвиг. Расчеты на срез и смятие. Сдвиг. Общие понятия. Напряжения и деформации при сдвиге. Закон Гука. Модуль сдвига  $G$ . Зависимости между упругими постоянными  $E$ ,  $\nu$ ,  $G$  для изотропного материала. Расчеты на прочность при срезе. Расчет заклепочных и болтовых соединений.

**Тема 2.2.** Вид нагружения бруса – изгиб. Построение эпюр внутренних усилий. Изгиб бруса. Основные понятия теории изгиба. Прямой изгиб бруса. Чистый изгиб бруса. Анализ внутренних усилий при изгибе. Дифференциальные зависимости между  $M_x$ ,  $Q_y$  и  $q$ . Построение эпюр поперечных сил  $Q_y$ , изгибающего момента  $M_x$ . Примеры.

**Тема 2.3.** Условие прочности при изгибе. Напряжение полное, нормальное и касательное. Напряжения при чистом изгибе. Максимальные нормальные напряжения при изгибе. Расчет на прочность по нормальным напряжениям. Рациональные формы сечения балок.

**Тема 2.4.** Поперечный изгиб. Формула Журавского. Поперечный изгиб бруса. Формула касательных напряжений для бруса сплошного сечения: формула Журавского. Касательные напряжения в прямоугольном и двутавровом сечении. Сопоставление нормальных и касательных напряжений. Расчет на прочность по касательным напряжениям.

**Тема 2.5.** Косой изгиб. Расчеты на прочность. Сложное сопротивление бруса. Сложный и косой изгиб. Определение напряжений, нулевая линия, условие прочности, перемещения.

**Тема 2.6.** Сложное сопротивление бруса. Внецентренное сжатие (растяжение). Внецентренное сжатие (растяжение). Определение напряжений, нулевая линия, выявление опасных точек сечения, расчеты на прочность. Ядро сечения.

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

В организационно-методическую структуру курса дисциплины «Машиноведение» включены следующие аудиторные (контактные) формы организации учебных занятий студентов: лекции, практические занятия (семинары – для практического освоения и закрепления лекционного материала) и лабораторные практикумы (для выполнения самостоятельных учебных заданий обучающимися).

В контактной части образовательного курса лекции являются основным форматом представления научно-теоретической информации в обобщенном виде по данной дисциплине. Посещение лекций является важным компонентом знаниево-понятийной подготовки студентов в предметной области дисциплины. Преподавание лекций по данной дисциплине организовано на принципах обязательной моментальной обратной связи по коммуникационной линии преподаватель-студент. При этом посещение студентом лекций и фиксация им лекционного материала не является достаточным условием для формирования у обучающегося полных теоретических понятийных представлений, практикоприменительных пониманий и компетентностей для самостоятельного использования учебно-научного материала дисциплины.

продолжением лекционной работы студента, а также его постлекционной самостоятельной подготовки, включая работу с учебной литературой, научными источниками.

Для наработки практических навыков применения приобретенных теоретических знаний по дисциплине, для формирования компетентностного уровня студента в предметной области дисциплины в программу данного образовательного курса входят учебные лабораторные практикумы, на которых основным дидактическим подходом является общегрупповой разбор и самостоятельное решение студентами определенных учебных задач, выполнение дидактических заданий под консультационным контролем преподавателя, выступающего здесь, главным образом, в роли эксперта-консультанта в предметной области, координирующего и корректирующего самостоятельную работу студентов. Здесь тоже реализуются принципы коммуникационной интерактивности образовательных процессов как по линии студент – преподаватель, так и по линиям студент – студент. Важность посещения студентом лабораторных практикумов определяется тем, что эти практикумы являются местами и ситуациями собственной учебно-деятельностной практики студента в контексте освоения учебной дисциплины, без чего становится проблемным достижение обучающимися компетентностного уровня в осваиваемой научно-предметной области.

Для продуктивной работы студента на практических семинарах и лабораторных практикумах обязательно необходима его самостоятельная внеаудиторная работа с учебной, научной литературой, по меньшей мере той, которая рекомендована для освоения курса. Для более полного и развернутого понимания разных научно-теоретических аспектов дисциплины важно использовать информацию, научные интерпретации, трактовки, пояснения не из одного, а из разных учебных пособий и научных источников, так как в каких-то одних источниках может быть более понятно для конкретного студента и более детально рассмотрены какие-то одни научные вопросы из курса дисциплины, а в других – другие. Для этого современный студент должен пользоваться не только печатными учебными и методическими пособиями, но и должен освоить технологии работы

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ФОС)**

**МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

Красноярский государственный педагогический университет  
им. В.П. Астафьева

Институт математики, физики и информатики

Кафедра-разработчик

Кафедра технологии и предпринимательства

УТВЕРЖДЕНО  
на заседании кафедры  
Протокол № 8  
от 6 мая 2020 г.

Зав.кафедрой  
С.В. Бортновский \_\_\_\_\_



ОДОБРЕНО  
На заседании научно-методического  
совета специальности (направления  
подготовки)  
Протокол № 8  
от 20 мая 2020 г.

Председатель НМСС  
Бортновский С.В. \_\_\_\_\_



**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

для проведения текущего контроля успеваемости и  
промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

**«Основы теории прочности»**

Направление подготовки:

44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)

Направленность (профиль) образовательной программы  
Физика и технология

квалификация (степень) выпускника:  
бакалавр

Составитель: И.В. Богомаз, д-р пед. наук, канд. физ.-мат. наук, профессор

## **1. Назначение фонда оценочных средств.**

Целью создания ФОС дисциплины «Основы теории прочности» является установление соответствия учебных достижений студентов запланированным результатам обучения и требованиям основной профессиональной образовательной программы, рабочей программы дисциплины.

ФОС разработан на основании нормативных документов:

- федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки) (уровень бакалавриата) (ФГОС ВО № 91 от 09.02.2016).
- образовательной программы «Физика и технология» высшего образования очной формы обучения по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки).
- Положения о формировании фонда оценочных средств для текущего контроля успеваемости, промежуточной и итоговой аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре - в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева», утвержденного приказом ректора № 297 (п) от 28.04.2018.

## **2. Перечень компетенций, подлежащих формированию в рамках дисциплины «Основы теории прочности».**

2.1. Перечень компетенций, формируемых в процессе изучения дисциплины.

ОК-3: способность использовать естественнонаучные и математические знания для ориентирования в современном информационном пространстве.

ОК-4: способность к коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач межличностного и межкультурного взаимодействия.

ОК-6: способность работать в команде, толерантно воспринимать социальные, культурные и личностные различия.

ОПК-1: готовность сознавать социальную значимость своей будущей профессии, обладать мотивацией к осуществлению профессиональной деятельности

ОПК-2: способность осуществлять обучение, воспитание и развитие с учетом социальных, возрастных, психофизических и индивидуальных особенностей, в том числе особых образовательных потребностей обучающихся.

ОПК-3: готовность к психолого-педагогическому сопровождению учебно-воспитательного процесса.

ПК-1: готовность реализовывать образовательные программы по учебному предмету в соответствии с требованиями образовательных стандартов.

ПК-4: способность использовать возможности образовательной среды для достижения личностных, метапредметных и предметных результатов обучения и обеспечения качества учебно-воспитательного процесса средствами преподаваемых учебных предметов

ПК-6: готовность к взаимодействию с участниками образовательного процесса

ПК-12: способность руководить учебно-исследовательской деятельностью обучающихся.

## 2.2. Оценочные средства

Компетенции, отмеченные в перечне компетенций, формирование которых должно происходить в процессе изучения дисциплины, не являются прямыми результативными следствиями изучения студентом дисциплины «Основы теории прочности». Эти компетенции могут лишь в той или иной мере формироваться и/или развиваться в контексте образовательных практик, выстраиваемых преподавателем и проходимых студентом при освоении курса дисциплины. Поэтому при реализации данной дисциплины не проводятся действия по прямому результативно-оценочному сопоставлению каких-то элементов научного содержания курса дисциплины с вышеуказанными компетенциями. Любые сопоставления такого рода в данном случае могут быть только условными, косвенными, интерпретационными и не могут использоваться в качестве практического оценочного инструментария преподавателя для оценки этих компетенций как результативных факторов изучения дисциплины.

В основе системы оценивания успешности студентов при прохождении курса данной дисциплины лежит не формально-знаниевая, объемно-исполнительская, а активностная понятийно-мыслительная и познавательно-рассудительная идеология, исключительно важная как основа для эффективной педагогической деятельности, к которой готовятся студенты педагогического вуза. Поэтому одним из ключевых факторов оценки здесь является не столько умение студента выполнять учебные задания, решать тренировочные задачи, сколько осознанно объяснять эти решения.

В процессе освоения курса дисциплины «Основы теории прочности» студенту за прохождение этапов текущего контроля начисляются определенные условные баллы, дополнительно к формальной оценке (по схеме «зачтено» / «не зачтено») за контрольные задания (работы), которые включены в программу дисциплины для самостоятельного выполнения и защиты студентом. Для получения итогового зачета за курс дисциплины студенту необходимо предварительно получить текущие зачеты по всем самостоятельным контрольным заданиям. В случае отсутствия у студента зачета хотя бы по одной контрольной работе он не должен быть допущен до сдачи итогового зачета.

Итоговая оценка за курс (оценка промежуточной аттестации – зачета) отражает не объем выполненной студентом учебной работы, а уровень сформированности его научных пониманий и способностей объяснения определенных тем и вопросов.

## 3. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости по дисциплине.

Фонд оценочных средств для текущего контроля включает оценочные инструменты по всем содержательным разделам дисциплины:

- Посещение лекций, подготовка к лабораторным работам.
- Выполнение индивидуальных заданий: (тексты заданий в приложении):
- Выполнение контрольных и самостоятельных работ.
- Тестирование по темам.

**Раздел 1. Тестирование. Индивидуальное задание 1.** Задача 1: Расчет на прочность, жесткость при растяжении-сжатии бруса. Задача 2: Расчет на несущей способности бруса при растяжении-сжатии. Расчеты. Задача 3: Подбор сечений гибких связей из условий прочности. Задача 5: Геометрические характеристики: центр тяжести и моменты инерции сплошных сечений.

**Раздел 2. Тестирование. Индивидуальное задание 2.** Расчеты на прочность при изгибе консольной и шарнирно-опертой балки. Задача 2: Расчет на прочность при кручении. Задача 3. Расчет на прочность при сложном нагружении бруса.



#### 4 Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации.

##### Вопросы к зачету по дисциплине «Основы теории прочности»

1. Понятия прочности, жесткости и устойчивости конструкций. Основные допущения (гипотезы курса) СМ. Основные объекты, изучаемые в курсе СМ: брус, пластина, оболочка, массив. Внешние силы и их классификация. Внутренние силы и метод их изучения (метод сечений). Внутренние усилия в поперечном сечении бруса: продольные и поперечные силы, крутящие и изгибающие моменты. Виды простейших нагружений (деформаций) бруса: растяжение и сжатие, сдвиг, кручение, изгиб. Общий порядок построения эпюр внутренних усилий.

Напряжение полное, нормальное и касательное. Интегральные зависимости между внутренними усилиями и напряжениями. Деформации и перемещения. Деформации линейные и угловые (сдвига), абсолютные и относительные, упругие и пластические (остаточные).

2. Центральное растяжение сжатие. Продольные силы и их эпюры. Напряжения в поперечных сечениях бруса. Напряжения в наклонных сечениях. Закон Гука. Продольные и поперечные деформации бруса. Модуль упругости  $E$  и коэффициент Пуассона  $\nu$ . Удлинение (укорочение) бруса. Жесткость при растяжении и сжатии. Перемещения поперечных сечений бруса. Условие жесткости. Потенциальная энергия упругой деформации.

3. Опытное изучение механических свойств материалов. Диаграммы растяжения и сжатия пластичных материалов ( $F - \Delta l; \varepsilon - \sigma$ ). Основные механические характеристики материала: предел пропорциональности, предел упругости, предел текучести и предел прочности (временное сопротивление). Особенности деформирования и разрушения пластичных материалов. Разгрузка и повторное нагружение. Наклёп. Характеристики пластичности материала. Понятие об истинной диаграмме.

Диаграммы растяжения и сжатия хрупких материалов. Основные механические характеристики хрупких материалов. Особенности разрушения хрупких материалов при растяжении и сжатии.

Влияние различных факторов на механические характеристики материалов. Понятие о ползучести и релаксации.

4. Метод расчёта по допускаемым напряжениям. Коэффициент запаса прочности. Условие прочности и три вида расчётов на прочность. Метод расчёта по предельным состояниям. СНиП. Две группы предельных состояний. Нормативные и расчётные нагрузки. Нормативное и расчётное сопротивление материалов. Условие прочности при растяжении и сжатии и расчёты на прочность.

5. Площадь, статические моменты и центр тяжести сечения. Осевой, полярный и центробежный момент инерции. Осевые моменты инерции прямоугольника, треугольника, круга. Зависимость между моментами инерции для параллельных осей. Изменение осевых и центробежного моментов инерции при повороте осей. Главные оси и главные моменты инерции. Вычисление моментов инерции сложных сечений. Прокатные профили. Сортамент.

6. Изгиб прямого бруса. Виды изгиба. Опоры и опорные реакции. Внутренние усилия в поперечных сечениях бруса при изгибе: изгибающие моменты и поперечные силы. Дифференциальные зависимости между изгибающим моментом, поперечной силой и интенсивностью распределённой нагрузки. Эпюры изгибающих моментов и поперечных сил.

Чистый изгиб. Основные допущения. Формула и эпюра нормальных напряжений. Осевой момент сопротивления сечения. Условие прочности по нормальным напряжениям

и расчёты на прочность. Рациональное сечение балок. Поперечный изгиб. Формула Журавского для касательных напряжений. Расчёты на прочность при поперечном изгибе.

Определение перемещений (прогибов и углов поворота) при изгибе. Дифференциальное уравнение оси изогнутого бруса и его интегрирование. Граничные условия. Метод начальных параметров. Расчёты балок на жёсткость.

**7.** Чистый сдвиг. Закон Гука при сдвиге. Напряжение и деформация при сдвиге. Модуль сдвига  $G$ . Понятие о срезе и смятии. Понятие о расчёте на прочность заклёпочных соединений.

**8.** Кручение бруса круглого поперечного сечения. Построение эпюр крутящих моментов. Напряжения в поперечных сечениях вала. Полярный момент сопротивления поперечного сечения. Расчёты вала на прочность и жёсткость. Анализ напряженного состояния и разрушения при кручении.

**9.** Характерные случаи сложного сопротивления бруса: косой изгиб, Внецентренное действие продольной силы, изгиб с кручением. Нормальные напряжения при косом изгибе. Нейтральная линия. Подбор сечения при косом изгибе. Определение прогибов. Нормальные напряжения при внецентренном растяжении и сжатии. Расчёты на прочность. Ядро сечения. Изгиб с кручением. Проверка прочности с применением различных теорий прочности.

**4. УЧЕБНЫЕ РЕСУРСЫ**  
**КАРТА ЛИТЕРАТУРНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«ОСНОВЫ ТЕОРИИ ПРОЧНОСТИ»**  
 для обучающихся образовательной программы направление подготовки  
 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)  
 направленность (профиль) образовательной программы Физика и технология  
 квалификация (степень) выпускника БАКАЛАВР  
 по очной форме обучения

	Наименование	Место хранения/электронный адрес	Кол-во экземпляров/точек доступа
<b>Основная литература</b>			
1	Сопротивление материалов. Т.5 Гриф МО РФ Электронная книга. Богомаз И.В. Мартынова Т.П., Москвичев В.В. Гриф МО РФ. ISBN: 978-5-93093-829-6. Год издания: 2011	<a href="https://books.academic.ru/book.nsf/59813932/Сопротивление+материалов.+Том+5">https://books.academic.ru/book.nsf/59813932/Сопротивление+материалов.+Том+5</a>	Индивидуальный неограниченный доступ
2	Сопротивление материалов. Т.7 Электронная книга. Богомаз И.В. Мартынова Т.П., Москвичев В.В. Гриф МО РФ. ISBN: 978-5-93093-831-9. Год издания: 2011	<a href="https://books.academic.ru/book.nsf/59813932/Сопротивление+материалов.+Том+7">https://books.academic.ru/book.nsf/59813932/Сопротивление+материалов.+Том+7</a>	Индивидуальный неограниченный доступ
3	Сопротивление материалов. Примеры решения задач. Богомаз И.В. Кудрин В. Г. Чабан Е.А. Год издания: 2012	<a href="http://elib.sfu-kras.ru/handle/2311/61952">http://elib.sfu-kras.ru/handle/2311/61952</a>	Индивидуальный неограниченный доступ
<b>Дополнительная литература</b>			
1	Механика. Учебное пособие. Гриф МО РФ, Богомаз И.В. , 2018. ISBN 978-5-16-013322-5	<a href="http://my-book-shop.ru/sec/8678/id/2887297.htm">my-book-shop.ru/sec/8678/id/2887297.htm</a>	В свободной продаже
<b>Информационные справочные системы и профессиональные базы данных</b>			
1	Гарант [Электронный ресурс]: информационно-правовое обеспечение : справочная правовая система. – Москва, 1992– .	Научная библиотека	локальная сеть вуза
2	Elibrary.ru [Электронный ресурс] : электронная библиотечная система : база данных содержит сведения об отечественных книгах и периодических изданиях по науке, технологии, медицине	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>	Свободный доступ

	и образованию / Рос. информ. портал. – Москва, 2000– . – Режим доступа: <a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a> .		
3	East View : универсальные базы данных [Электронный ресурс] : периодика России, Украины и стран СНГ . – Электрон.дан. – ООО ИВИС. – 2011 - .	<a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>	Индивидуальный неограниченный доступ
4	Межвузовская электронная библиотека (МЭБ)	<a href="https://icdlib.nspu.ru/">https://icdlib.nspu.ru/</a>	Индивидуальный неограниченный доступ

Главный библиотекарь

*Forst*

Фортова А.А.

**КАРТА МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ ДИСЦИПЛИНЫ  
«ОСНОВЫ ТЕОРИИ ПРОЧНОСТИ»**

**для обучающихся образовательной программы направления подготовки  
44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки),  
направленность (профиль) образовательной программы Физика и технология  
квалификация (степень) выпускника БАКАЛАВР  
по очной форме обучения**

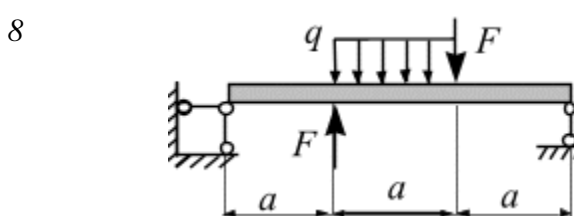
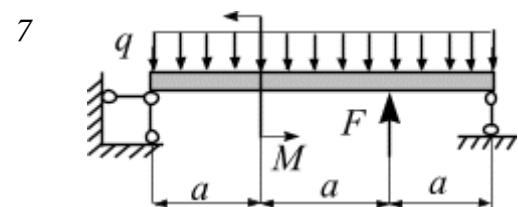
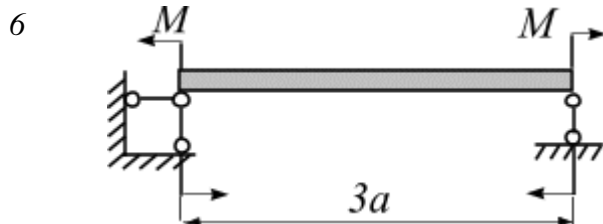
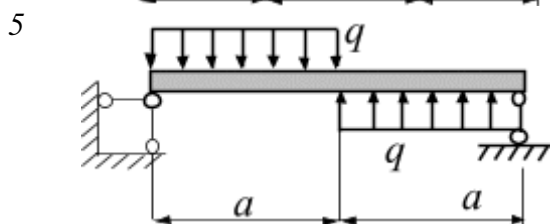
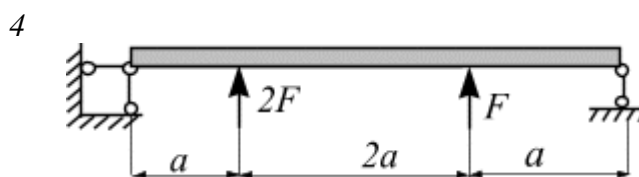
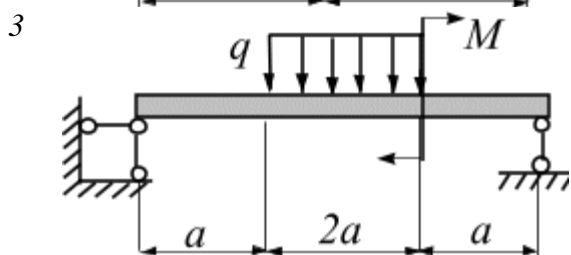
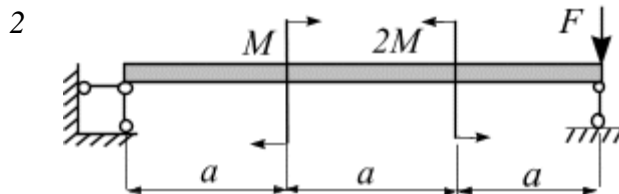
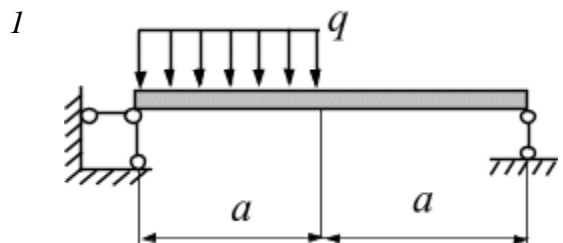
номер (наименование) аудитории	Оборудование (наглядные пособия, макеты, модели, лабораторное оборудование, компьютеры, интерактивные доски, проекторы, информационные технологии, программное обеспечение и др.)
<b>Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации</b>	
4-207 Кабинет графики	Компьютер – 9 шт., учебная доска – 1 шт., ПО: Microsoft® Windows® Home 10 Russian OLP NL AcademicEdition Legalization GetGenuine (ОЕМ лиц., контракт № Tr000058029 от 27.11.2015); Kaspersky Endpoint Security – Лиц. сертификат №1B08-190415-050007-883-951; 7-Zip - (Своб. лиц. GPL); Adobe Acrobat Reader – (Своб. лиц.); Google Chrome – (Своб. лиц.); Mozilla Firefox – (Своб. лиц.); LibreOffice – (Своб. Лиц. GPL); XnView – (Своб. лиц.); Java – (Своб. лиц.); VLC – (Своб. лиц.); Физика с компьютером в школе (Договор № 223 от 23.10.2017); Виртуальный практикум по физике (Договор № 5642934 от 26.10.2015); КОМПАС-3D V16 (Сублиц. договор №Ец-17-000005 от 30.01.2017)
4-303	Маркерная доска – 1 шт.
4-401	Учебная доска – 1 шт.
4-402	Компьютер – 1 шт., проектор – 1 шт., интерактивная доска – 1 шт., маркерная доска – 1 шт., учебная доска – 1 шт., ПО: Linux Mint – (Своб. лиц. GPL)
4-411	Учебная доска – 1 шт.
<b>Аудитории для самостоятельной работы</b>	
4-101 Отраслевая библиотека	Копир. – 1 шт.
4-102 Читальный зал	Компьютер – 10 шт., принтер – 1 шт., ПО: Альт Образование 8 (лицензия № ААО.0006.00, договор № ДС 14-2017 от 27.12.2017
1-105 Центр самостоятельной работы	компьютер- 15 шт., МФУ-5 шт., ноутбук-10 шт. ПО: Microsoft® Windows® Home 10 Russian OLP NL AcademicEdition Legalization GetGenuine (ОЕМ лицензия, контракт № Tr000058029 от 27.11.2015); Kaspersky Endpoint Security – Лиц сертификат №1B08-190415-050007-883-951; 7-Zip - (Свободная лицензия GPL); Adobe Acrobat Reader – (Свободная лицензия); Google Chrome – (Свободная лицензия); Mozilla Firefox – (Свободная лицензия); LibreOffice – (Свободная лицензия GPL); XnView – (Свободная лицензия); Java – (Свободная лицензия); VLC – (Свободная лицензия). Гарант - (договор № КРС000772 от 21.09.2018), КонсультантПлюс (договор № 20087400211 от 30.06.2016). Альт Образование 8 (лицензия № ААО.0006.00, договор № ДС 14-2017 от 27.12.2017

4 – код корпуса ИМФИ КГПУ им. В.П.Астафьева (г. Красноярск, ул. Перенсона, 7)

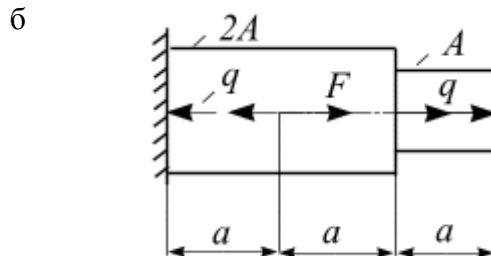
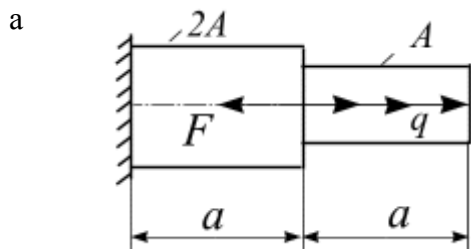
1 – код главного корпуса КГПУ им. В.П.Астафьева (г. Красноярск, ул. Ады Лебедевой, 89)

**Задачи для самостоятельного решения.**

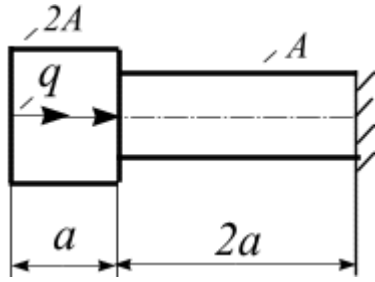
I. Построить эпюры поперенных сил  $Q_y$  и изгибающих моментов  $M_x$  в балках, от заданных нагрузок, если  $a = 2$  (м),  $F = 25$  (кН);  $m = 14$  (кН · м);  $q = 18$  (кН/м.).



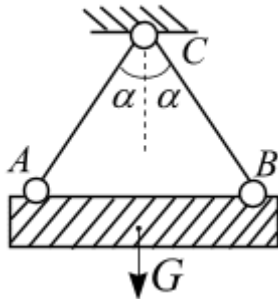
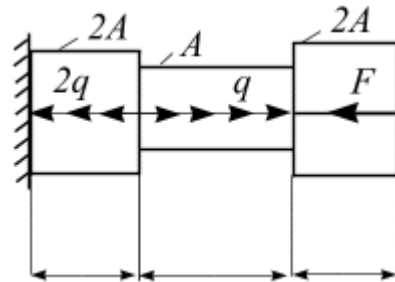
2 Для ступенчатого бруса требуется подобрать площади поперечных сечений для каждой ступени. Дано нагрузки  $F = 110$  (кН),  $q = 168$  (кН/м), расчетное сопротивление материала растяжению и сжатию  $R = 240$  (МПа);  $a = 0,7$  (м).



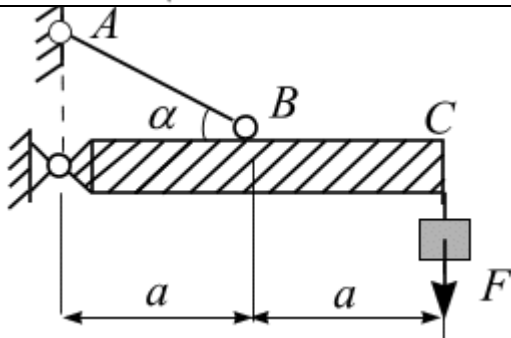
В



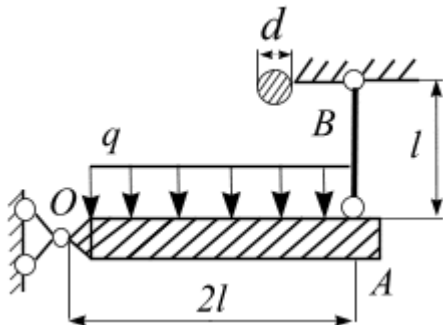
Г



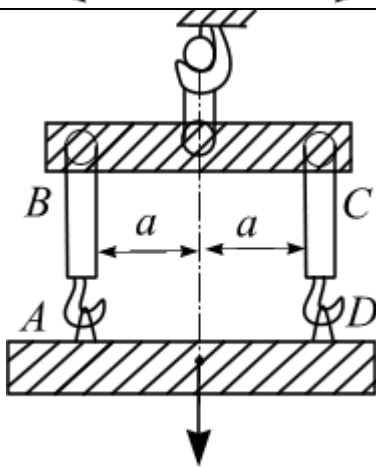
3. Балка весом  $G$  поднимается с помощью строп  $AC$  и  $BC$ , изготовленных из троса диаметром  $d$ . Расчетное сопротивление материала троса  $R$ . Определить необходимый диаметр троса. (Решение провести в общем виде).



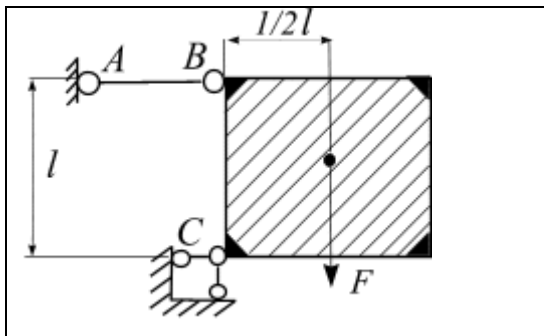
4. К жесткой балке  $OC$  подвешен груз  $F$ . Балка удерживается тягой  $AB$  круглого поперечного сечения диаметром  $d$ . Расчетное сопротивление материала тяги  $R$ . Какой наибольший груз  $F$  может выдержать данная конструкция из условия прочности тяги  $AB$ ?



5 Жесткий брус  $OA$ , нагружен равномерно распределенной нагрузкой  $q$ . Конек бруса удерживается тягой  $BA$  диаметром  $d$ . Расчетное сопротивление материала тяги  $R$ . Определить, какую нагрузку  $q$  выдержит данная конструкция из условия прочности тяги.



6. Строительный блок весом  $F$  поднимается с помощью подъемного устройства, куда входят две тяги  $AB$  и  $CD$  круглого поперечного сечения диаметром  $d$ . Расчетное сопротивление материала тяги  $R$ . Вычислить необходимый диаметр трос из условия прочности.



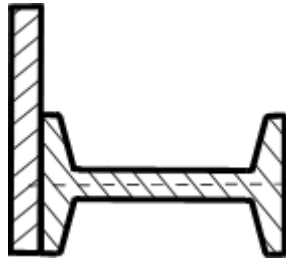
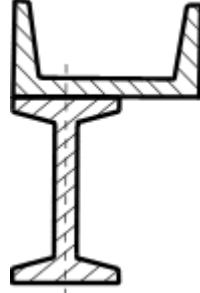
7. Тяга  $AB$  круглого поперечного сечения имеет диаметр  $d$ . Расчетное сопротивление материала тяги  $R$ . Какую нагрузку  $R$  выдержит данная конструкция из условия прочности тяги?

8 Для заданных поперечных сечений, вычислить положение главных центральных осей и вычислить значения главных центральных моментов инерции для швеллера №20 и неравнопочного уголка №10/6,5; равнополочный уголок № 10; двутавра №16 (таблица 3.3).

Таблица 3.3.

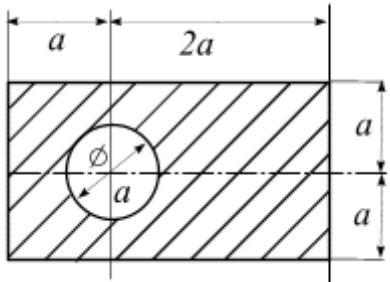
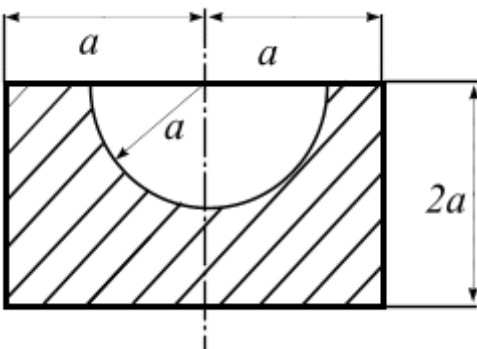
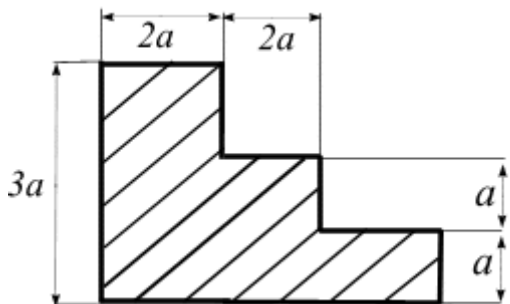
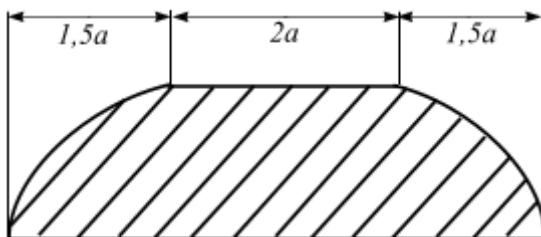
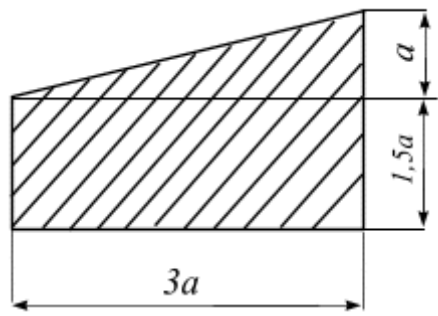
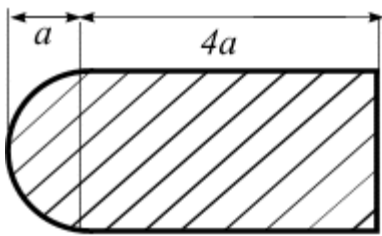
1		2	
3		4	
5		6	
7		8	

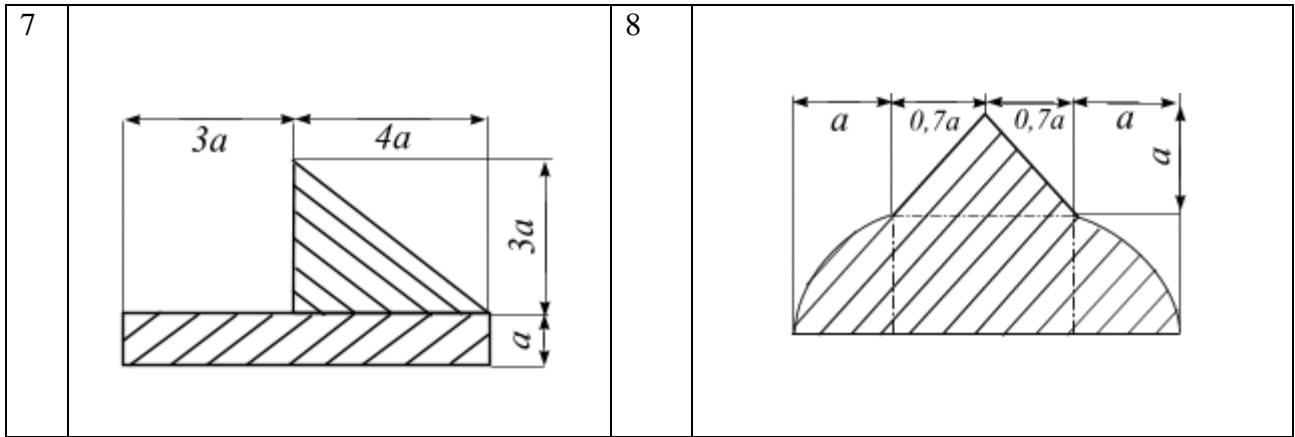


9		10	
---	---	----	--

9. Для заданных поперечных сечений в таблице 4, вычислить положение главных центральных осей и вычислить значения главных центральных моментов инерции,  $a = 2(м)$ , таблица 3.4.

Таблица 3.4.

1		2	
3		4	
5		6	



9 Для консольной балки (таблица 5) из расчёта на прочность вычислить - размеры поперечных сечений для трёх вариантов (рис.4.19);  
 Нормативное сопротивление материала изгибу  $R_n = 240 \text{ МПа}$ . Модуль продольной упругости материала  $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ .

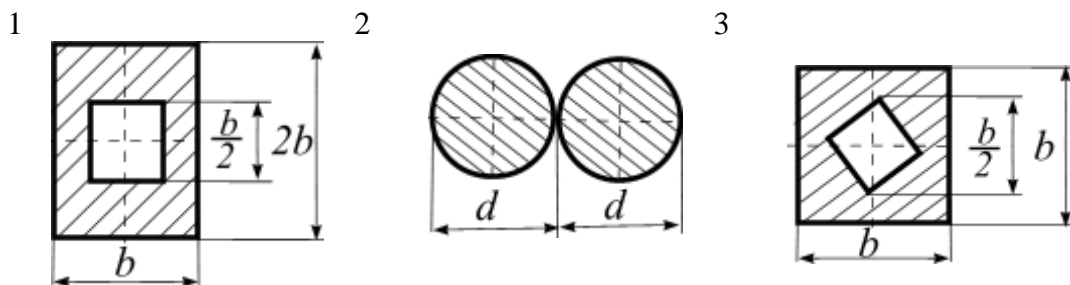
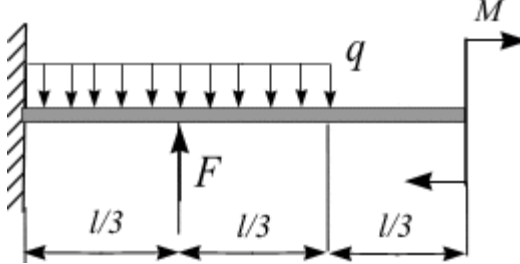
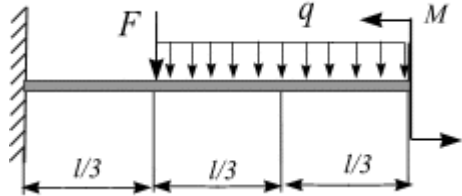
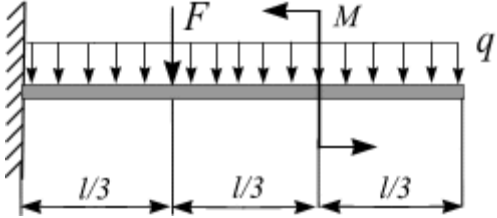
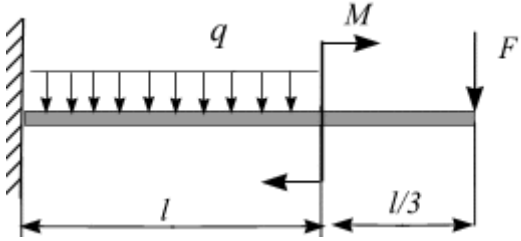
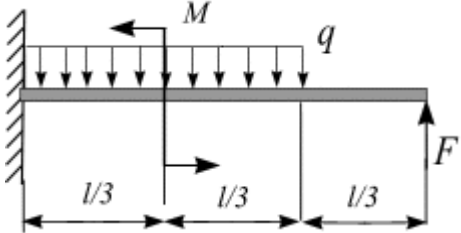


Рис.4.19

Таблица 5.

1		Исходные данные: $l = 6(\text{ м}); M = 18(\text{ кН} \cdot \text{ м}); F = 15(\text{ кН});$ $q = 12(\frac{\text{ кН}}{\text{ м}}).$
2		Исходные данные: $l = 2(\text{ м}); M = 24(\text{ кН} \cdot \text{ м}); F = 18(\text{ кН});$ $q = 10(\frac{\text{ кН}}{\text{ м}}).$
3		Исходные данные: $l = 3(\text{ м}); M = 21(\text{ кН} \cdot \text{ м}); F = 19(\text{ кН});$ $q = 10(\frac{\text{ кН}}{\text{ м}}).$

4		<p>Исходные данные:</p> $\ell = 6(\text{ м}); M = 14(\text{ кН} \cdot \text{ м}); F = 18(\text{ кН});$ $q = 14\left(\frac{\text{ кН}}{\text{ м}}\right).$
5		<p>Исходные данные:</p> $\ell = 6(\text{ м}); M = 22(\text{ кН} \cdot \text{ м}); F = 20(\text{ кН});$ $q = 16\left(\frac{\text{ кН}}{\text{ м}}\right).$

11. Вычислить необходимый диаметр заклепки в данном заклепочном соединении (рис. 5.8) из условия прочности на срез и смятие, если:  $F = 100(\text{ кН})$ ,  $t_1 = 25(\text{ мм})$ ,  $t_2 = 15(\text{ мм})$ , 6 заклепок.

Допускаемые напряжения: на срез  $[\tau_{ср}] = 140(\text{ Н} / \text{ мм}^2)$ , на смятие  $[\sigma_{см}] = 320(\text{ Н} / \text{ мм}^2)$ .

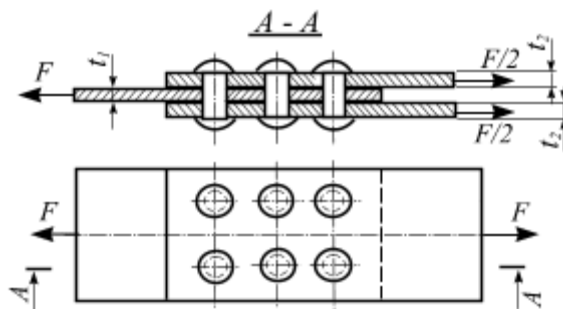


Рис. 5.8

12. Для заданного заклепочного соединения состоящего из четырех полос одинаковой толщины 10 мм из условия прочности вычислить диаметр  $d$  заклепки, если:  $F = 40(\text{ кН})$ .

Допускаемые напряжения:  $[\tau_{ср}] = 140(\text{ Н} / \text{ мм}^2)$ ,  $[\sigma_{см}] = 320(\text{ Н} / \text{ мм}^2)$ .

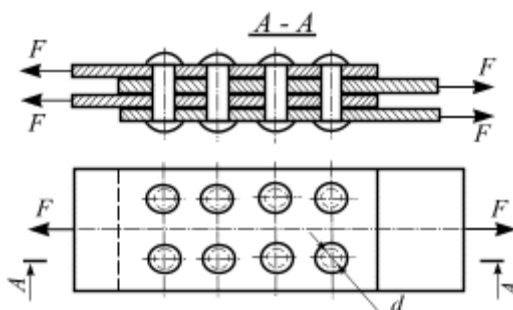


Рис. 5.9

13	<p>Для заданного соединения (рис. 5.10) из условий прочности болта на срез и смятие определить расчетную нагрузку <math>F</math>,</p>
----	---

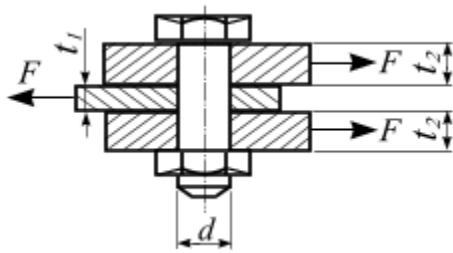


Рис. 5.10

если толщины соединяемых полос:  $t_1 = 20$  (мм),  $t_2 = 8$  (мм), диаметр болта  $d = 30$  (мм); значения допускаемых напряжений  $[\tau_{cp}] = 130$  (Н / мм<sup>2</sup>),  $[\sigma_{см}] = 320$  (Н / мм<sup>2</sup>).

14

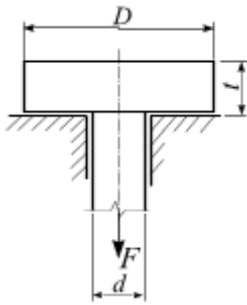


Рис. 5.11

Вычислить разрушающую силу  $F$  из условий:  
 – болта на растяжение;  
 – головки болта на срез.  
 Вычислить возникшие при этом напряжения смятия, если:  $D = 60$  (мм)  $d = 20$  (мм),  $t = 14$  мм,  $[\sigma] = 140$  (Н / мм<sup>2</sup>);  $[\tau_s] = 100$  (Н / мм<sup>2</sup>).

15

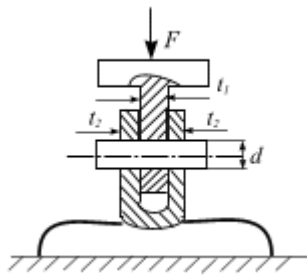


Рис. 5.12

Вычислить разрушающую силу  $F$  из условий:  
 – болта на растяжение,  
 – головки болта на срез.  
 Вычислить напряжения смятия, если:  $D = 60$  (мм),  $d = 20$  (мм),  $t = 14$  (мм),  $[\sigma] = 140$  (Н / мм<sup>2</sup>);  $[\tau_s] = 100$  (Н / мм<sup>2</sup>).

16

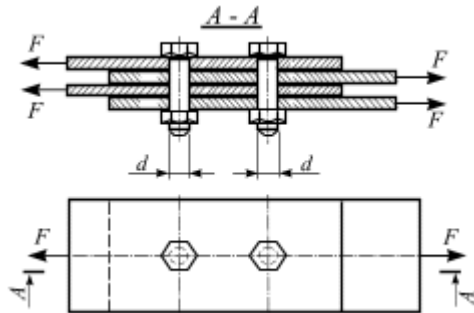


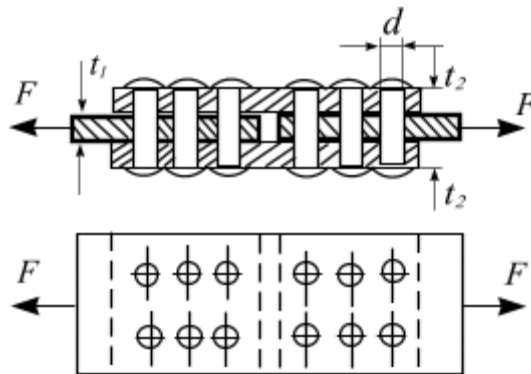
Рис. 5.13

Из условия прочности соединения состоящего из четырех полос равной толщины  $t = 20$  (мм), вычислить расчетную нагрузку  $F$ , если: диаметр болта  $d = 30$  (мм), допускаемые напряжения: на срез  $[\tau_{cp}] = 140$  (Н / мм<sup>2</sup>), на смятие  $[\sigma_{см}] = 320$  (Н / мм<sup>2</sup>).

17. Вычислить диаметр заклепочного соединения из трех полос, если:  $F = 50$  кН,

$t_1 = 20$  (мм),  $t_2 = 8$  (мм),

$[\tau_{ср}] = 140$  (Н / мм<sup>2</sup>),  $[\sigma_{см}] = 320$  (Н / мм<sup>2</sup>).

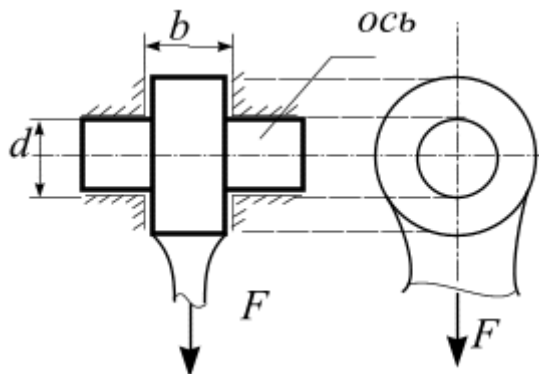


18 Из условия прочности вычислить расчетную нагрузку на ось соединения  $F_{рас.}$ ,

если:  $d = 40$  (мм),

$b = 60$  (мм),  $[\tau_{ср}] = 140$  (Н / мм<sup>2</sup>),  $[\sigma_{см}] = 320$  (Н / мм<sup>2</sup>).

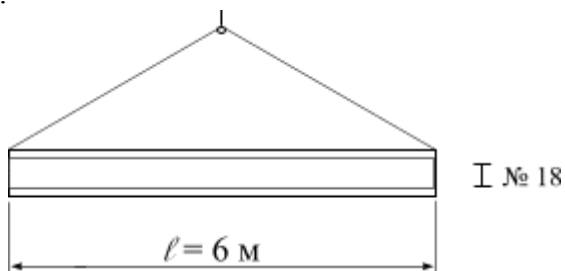
Деформацией изгиба оси пренебречь.



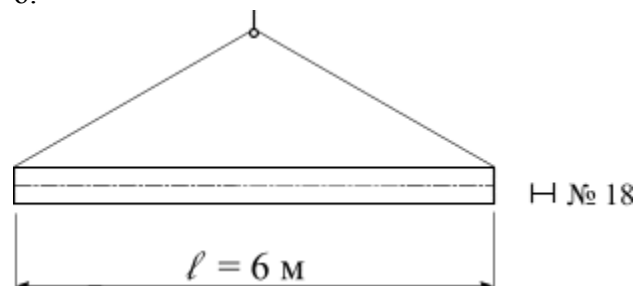
**Задача 19.** Вычислить стрелу прогиба  $f_d$  стальной двутавровой балки поднимаемой с ускорением  $a = 3,5$  м/с<sup>2</sup> (рис.а). Во сколько раз возрастает стрела прогиба, если поперечное сечение балки расположить так, как показано на рис. б

*Ответ:* стрела прогиба  $f_d = 1,63$  мм; стрела прогиба возрастет в 15,6 раза.

а.

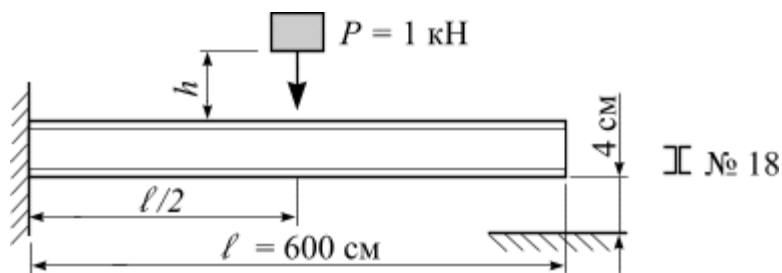


б.



**Задача 20.** Вычислить высоту падения  $h$  груза  $P$ , при которой конец консольной балки из двух швеллеров № 18 коснется неподвижной плоскости.

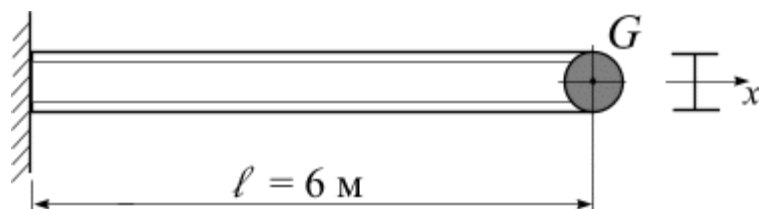
*Ответ:* высота падения  $h = 48,7$  см.



**Задача 21** Вычислить круговую частоту собственных колебаний стальной двутавровой балки № 20а длиной 6 м, на которой установлен сосредоточенный груз весом  $G = 5$  кН (собственным весом балки пренебречь).

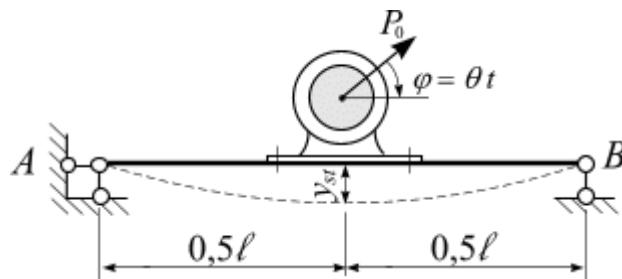
Как изменится частота собственных колебаний, если длина балки будет равна 10 м? Если поперечное сечение балки будет составлено из двух двутавров № 20а?

*Ответ:*  $\omega = 10,5 \text{ с}^{-1}$ ; частота собственных колебаний при увеличении длины уменьшится в 2 раза; частота собственных колебаний при увеличении площади поперечного сечения увеличится в 1,4 раза.



**Задача 22.** Балка, на которой установлен мотор, прогибается от его веса на 1 см. При каком числе оборотов вала мотора в минуту  $n$  наступит резонанс?

*Ответ:* число оборотов вала  $n = 300 \text{ об/мин}$ .



**Задача 23** Электродвигатель весом  $G = 6$  кН, установленный на балке длиной 3 м, поперечное сечение которой составлено из двух двутавров, делает  $n = 1500$  об/мин. Вес неуравновешенной части ротора  $P = 500$  Н, эксцентриситет  $e = 0,3$  см.

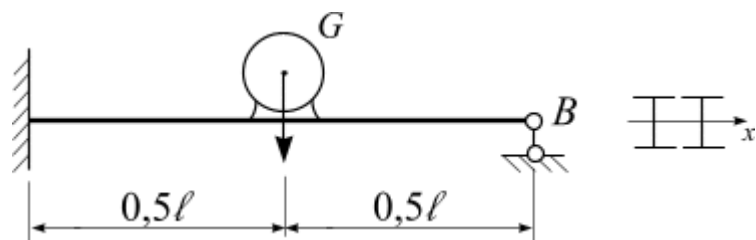


Рис. 6.17

Требуется:

1. Подобрать двутавровое сечение балки так, чтобы частота собственных колебаний балки была на 30 % больше частоты возмущающей силы.
2. Для полученного сечения определить наибольшие и наименьшие нормальные напряжения в балке. Построить график изменения во времени динамических напряжений в опасном сечении балки.

Ответ: поперечное сечение – двутавр № 24; напряжения в балке:

$$\sigma_{max} = 12,63 \text{ МПа}; \sigma_{min} = -1,43 \text{ МПа}.$$

## Тесты

### Инструкция для студентов

Каждый тест состоит из 10 заданий. Все эти задания представлены в закрытой форме: даются четыре ответа, из которых один является верным. Выполнив задание, сравните полученный ответ с предложенными и укажите правильный. На выполнение теста отводится 90 минут.

При выполнении заданий можно пользоваться микрокалькулятором.

В большинстве заданий для получения результатов необходимо проводить по две вычислительные операции; некоторые из них не требуют письменных вычислений.

При вычислении геометрических характеристик сложных сечений предполагается знание расчетных величин моментов инерции простейших сечений - прямоугольника, равнобедренного треугольника, круга и кольца.

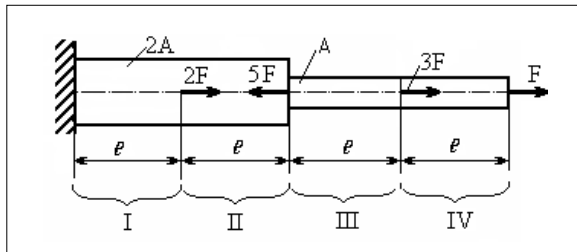
При определении внутренних силовых факторов и перемещений при изгибе в зависимости от применяемых правил знаков и методов расчета ответы могут иметь разные знаки. Поэтому в приводимых вариантах ответа указываются только модули искомых величин. В случае необходимости округления полученных результатов об этом заранее сообщается в условии.

### Тест № 1.

1. Стержень подвергается воздействию нескольких осевых сил. Если  $A$  - это параметр величины площади поперечного сечения, то наибольшие по модулю напряжения будут достигнуты на участке:

Ответ:

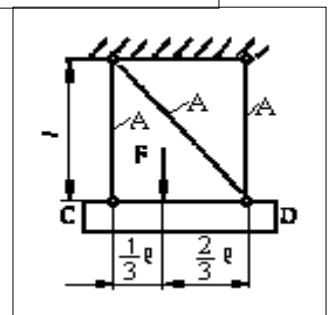
- 1) I    2) II    3) III    4) IV



2. Брус CD подвешен на трех стержнях. На какую величину  $\Delta \ell_1$  в мм удлинится левый стержень, если сила  $P=30 \text{ кН}$ , площадь поперечного сечения  $A=5 \text{ см}^2$ , длина  $\ell=0,5 \text{ м}$  и модуль продольной упругости  $E=2 \cdot 10^{11} \text{ Па}$ :

Ответ:

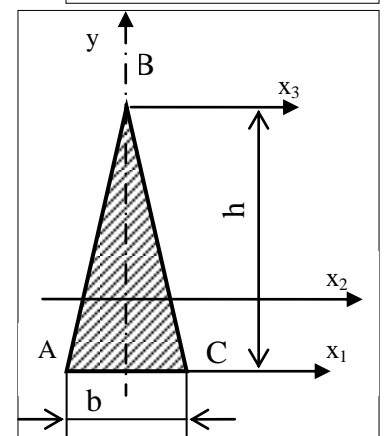
- 1) 0,1    2) 0,2    3) 0,3    4) 0,5



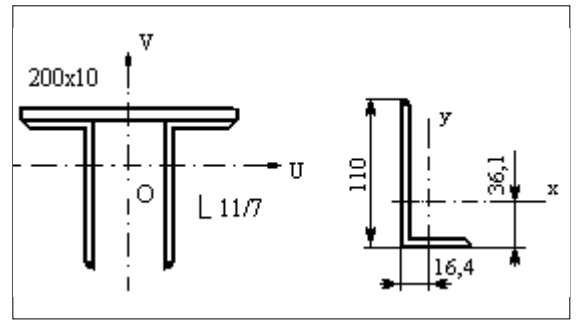
3. В плоскости поперечного сечения – это равнобедренный треугольник ABC - проведены четыре оси ( $x_1, x_2, x_3$  и  $y_1$ ), две из которых ( $x_2$  и  $y_1$ ) проходят через центр тяжести площади. Если принять  $h=3b$ , то наибольшим будет момент инерции площади относительно оси:

Ответ:

- 1)  $x_1$     2)  $x_2$     3)  $x_3$     4)  $y_1$



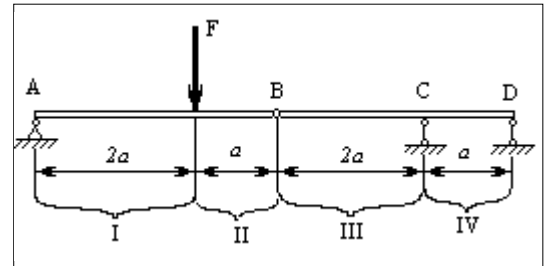
4. Поперечное сечение образовано из трех жестко соединенных между собой профилей. Для одного уголка №11/7 имеем  $I_x = 172 \text{ см}^4$ ;  $I_y = 54,6 \text{ см}^4$ ;  $A = 13,9 \text{ см}^2$ ; остальные данные на чертеже. Тогда главный центральный момент инерции относительно горизонтальной оси (Ox) будет равен, в  $\text{см}^4$ :



Ответ:

- 1) 492                      2) 542  
3) 592                      4) 642

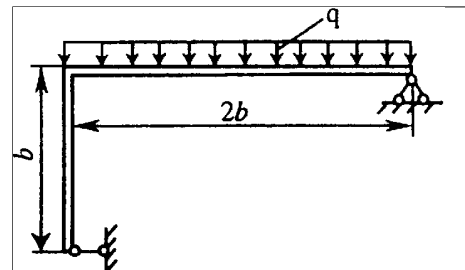
5. Наибольшего значения по модулю поперечная сила  $Q_y$  достигает на участке:



Ответ:

- 1) I      2) II      3) III      4) IV

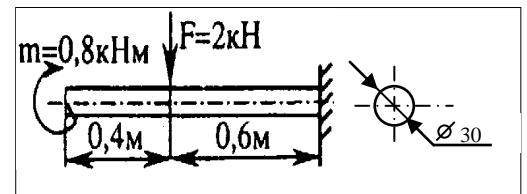
6. Если плоская рама находится под воздействием вертикальной равномерно распределенной нагрузки интенсивностью  $q$ , то наибольшая величина изгибающего момента ( $\max M_x$ ) по модулю равна:



Ответ:

- 1)  $1,5qb^2$                       2)  $2,0qb^2$   
3)  $2,5qb^2$                       4)  $3,0qb^2$

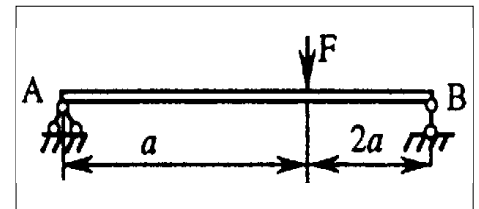
7. Если консольная балка кругового поперечного сечения нагружена моментом  $m$  и силой  $F$ , то при заданном пределе текучести  $\sigma_T = 520 \text{ МПа}$  фактический коэффициент запаса прочности  $n$  равен:



Ответ:

- 1) 1,48      2) 1,60      3) 1,72      4) 1,84

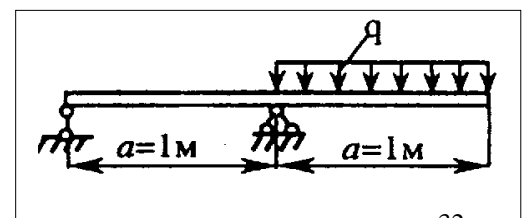
8. Если к однопролетной балке приложить силу  $F$ , то при  $EI_x = \text{const}$  угол поворота сечения над левой опорой по модулю ( $|\varphi_a|$ ) равен:



Ответ:

- 1)  $\frac{4F a^2}{9E I_x}$       2)  $\frac{5F a^2}{9E I_x}$       3)  $\frac{2F a^2}{3E I_x}$       4)  $\frac{7F a^2}{9E I_x}$

9. Определить из условия жесткости  $f \leq [f]$  допускаемую величину интенсивности равномерно распределенной нагрузки  $[q]$  в кН/м, если стрела прогиба  $[f] = 5 \text{ мм}$ , модуль продольной упругости  $E = 2 \cdot 10^{11} \text{ Па}$  и поперечное сечение балки – двутавр №18 ( $I_x = 1290 \text{ см}^4$ ).





Ответ:

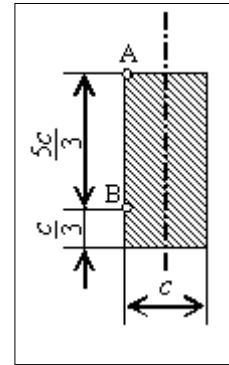
- 1) 38      2) 44      3) 50      4) 56

10. Балка имеет прямоугольное поперечное сечение. Если нагрузка создает изгиб в вертикальной плоскости, то напряжение в точке А ( $\sigma_A$ )

больше напряжения в точке В ( $\sigma_B$ ) в  $\frac{\sigma_A}{\sigma_B}$  раз:

Ответ:

- 1) 1,5;      2) 2,0;      3) 2,5;      4) 3,0.

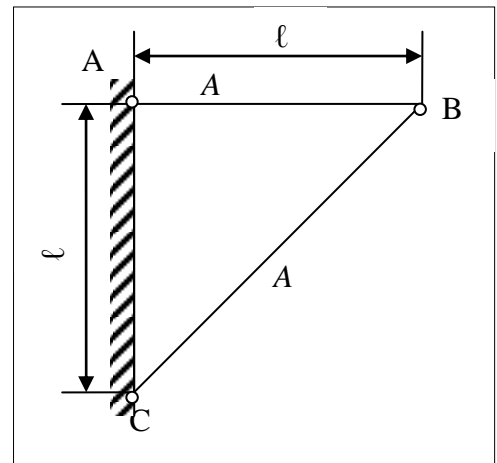


**Тест № 2.**

1. К стержню приложено несколько осевых сил. Если  $F=50$  кН, площадь поперечного сечения  $A=25\text{см}^2$ ,  $\ell=0,4\text{м}$  и модуль продольной упругости  $E=2 \cdot 10^{11}$  Па, то изменение длины среднего участка  $\Delta \ell_{\text{ср}}$  в мм равно:

Ответ:

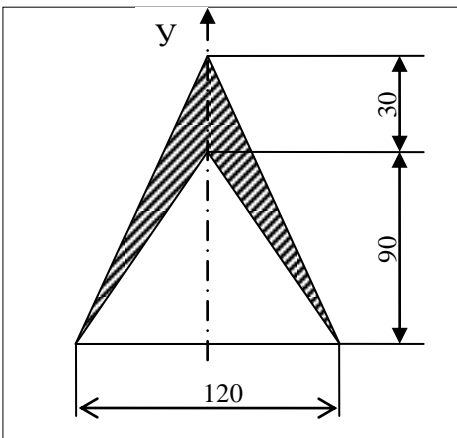
- 1) 0,04      2) 0,06      3) 0,08      4) 0,10



2. Оба стержня кронштейна нагреты на одинаковое число градусов  $\Delta T$ . Если стержень АВ имеет длину  $\ell$ , площадь поперечного сечения  $A$  и температурный коэффициент линейного расширения  $\alpha$ , то вертикальное перемещение шарнира В ( $y_B$ ) равно:

Ответ:

- 1)  $0,5\alpha\Delta T \cdot \ell$       2)  $\alpha\Delta T \cdot \ell$   
 3)  $\sqrt{2} \cdot \alpha\Delta T \cdot \ell$       4)  $2\alpha\Delta T \cdot \ell$



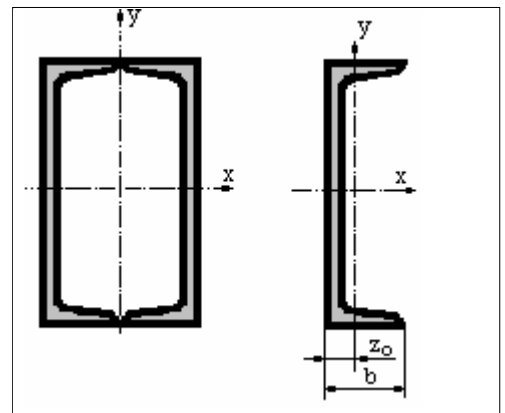
3. Главный центральный момент инерции поперечного сечения турбинной лопатки относительно горизонтальной оси в  $\text{см}^4$  равен:

Ответ:

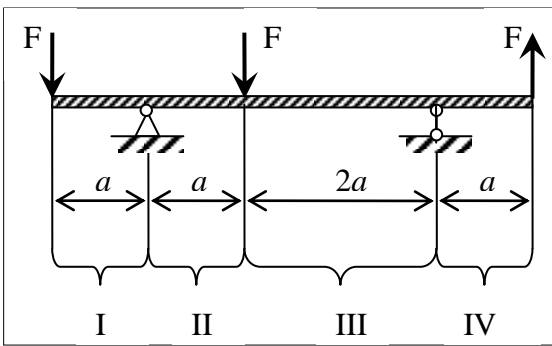
- 1) 107      2) 117      3) 127      4) 137

4. Два швеллера N14 ( $A=15,6 \text{ см}^2$ ,  $J_x=491 \text{ см}^4$ ,  $J_y= 45,4 \text{ см}^4$ ,  $b=58 \text{ мм.}$ ,  $z_0=1,67 \text{ см.}$ ) жёстко связаны между собой. Момент инерции сечения относительно оси  $y$  в  $\text{см}^4$  равен

Ответ:



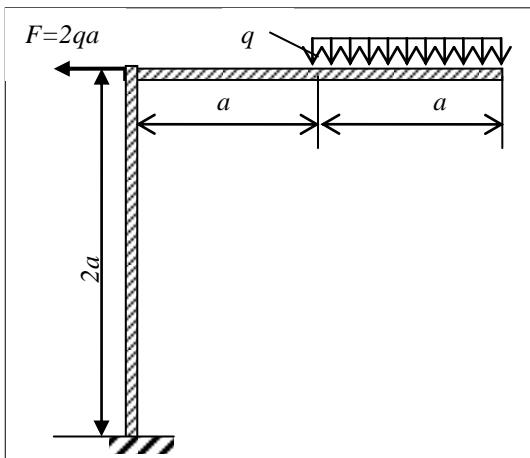
- 1) 782      2) 882      3) 982      4) 1082.



5. Наибольшей величины поперечная сила  $Q_y$  достигнет на участке:

Ответ:

- 1) I      2) II      3) III      4) IV



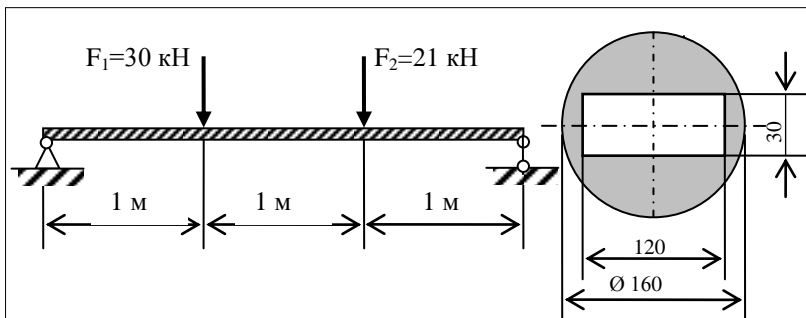
6. Наибольшая величина изгибающего момента ( $\max M_x$ ) для плоской рамы, нагруженной равномерно распределённой нагрузкой интенсивности  $q$  и сосредоточенной силой  $F=2qa$  равна:

Ответ:

- 1)  $1,5qa^2$       2)  $2,0qa^2$       3)  $2,5qa^2$       4)  $3,0qa^2$

7. На балку действуют силы  $F_1$  и  $F_2$ . Вызванное ими наибольшее нормальное напряжение  $\sigma_{\max}$  в МПа (с точностью до целого числа) равно:

Ответ:

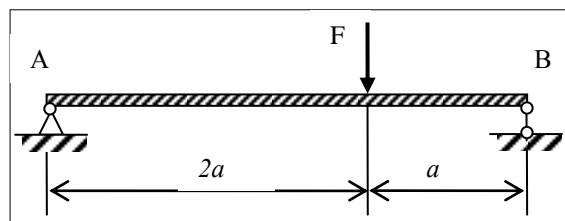


- 1) 110;      2) 90;  
3) 70;      4) 50.

8. Однопролётная балка нагружена силой  $F$ . Если  $EJ_x = \text{const}$ , то угол поворота сечения, в котором приложена эта сила, равен:

Ответ:

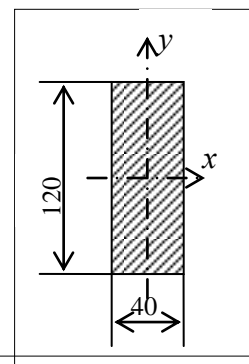
- 1)  $\frac{1}{9} \frac{Fa^2}{EJ_x}$       2)  $\frac{2}{9} \frac{Fa^2}{EJ_x}$   
3)  $\frac{1}{3} \frac{Fa^2}{EJ_x}$       4)  $\frac{4}{9} \frac{Fa^2}{EJ_x}$



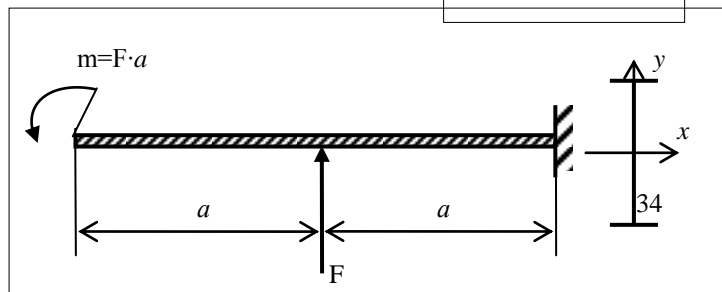
9. В опасном сечении чугунной балки с размерами 40 x 120. подвергающейся изгибу в вертикальной плоскости, изгибающий момент  $M_x = 4,8 \text{ кН}\cdot\text{м}$ . если временно сопротивление (предел прочности) на растяжение  $\sigma_{в.р.} = 150 \text{ МПа}$  и на сжатие -  $\sigma_{в.с.} = 600 \text{ МПа}$ , то фактический коэффициент запаса прочности ( $n$ ) равен:

Ответ:

- 1) 3      2) 6;      3) 9      4) 12.



К балке приложена сила  $F$  и момент  $m$ . Подобрать поперечное сечение балки в форме прокатного двутавра из условия жесткости



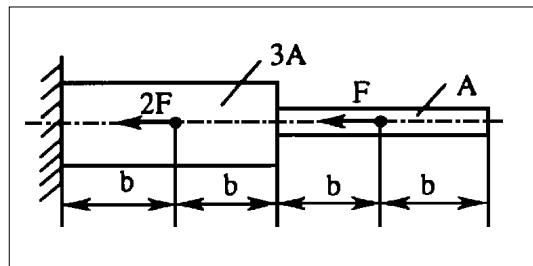
$f \leq [f]$ , если  $[f] = 0,5 \text{ см}$ ,  $a = 1 \text{ м}$ ,  $E = 2 \cdot 10^{11} \text{ Па}$  и  $F = 6 \text{ кН}$ .

Ответ:

- 1) №14;  $I_x = 572 \text{ см}^4$ ;      2) №16;  $I_x = 873 \text{ см}^4$ ;  
 3) №18;  $I_x = 1290 \text{ см}^4$ ;      4) №20;  $I_x = 1430 \text{ см}^4$ .

**Тест № 3**

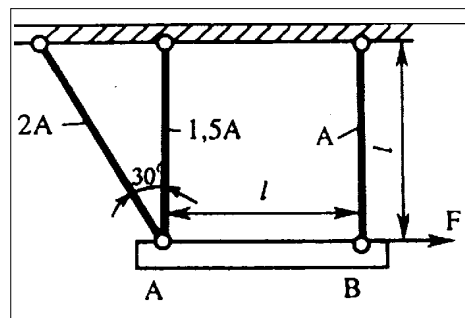
1. Если к ступенчатому стержню, участки которого имеют площади поперечного сечения соответственно  $A$  и  $3A$ , а модуль продольной упругости  $E$ , приложены две осевые силы  $F$  и  $2F$ , то длина всего стержня уменьшится на величину.



Ответ:

- 1)  $\frac{5F \cdot b}{3AE}$       2)  $2 \frac{F \cdot b}{AE}$       3)  $\frac{7F \cdot b}{3AE}$       4)  $\frac{8F \cdot b}{3AE}$

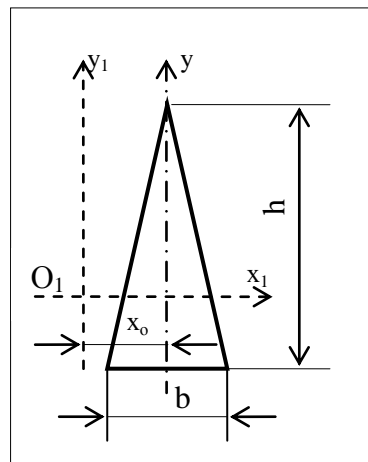
2. Недеформируемый брус  $AB$  подвешен на трех стержнях, имеющих площади поперечного сечения соответственно  $2A$ ,  $1,5A$  и  $A$ . Если приложить горизонтальную силу  $F$ , то наибольшее напряжение  $\sigma_{\max}$  станет равным:



Ответ:

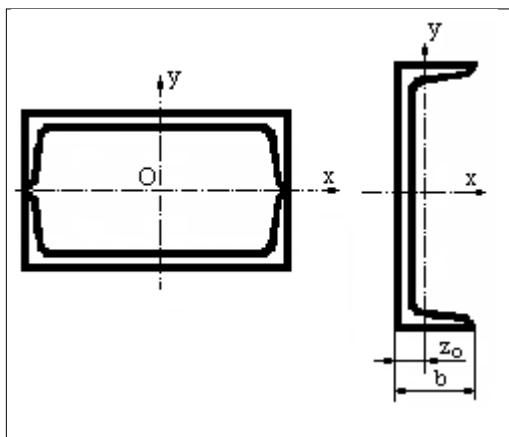
- 1)  $\frac{F}{A}$       2)  $1,115 \frac{F}{A}$       3)  $1,41 \frac{F}{A}$       4)  $1,60 \frac{F}{A}$

3. Плоское сечение представляет собой равнобедренный треугольник с основанием  $b$  и высотой  $h = 3 \cdot b$ . Через точку  $O_1$ , лежащую на центральной горизонтальной оси  $O_1x_1$  проведена вертикальная (не центральная) ось  $O_1y_1$ . Если  $I_{x1} = I_{y1}$ , то координата точки  $O_1$  ( $x_0$ ) равна:



Ответ:

- 1)  $0,42b$       2)  $0,58b$       3)  $0,68b$       4)  $0,78b$

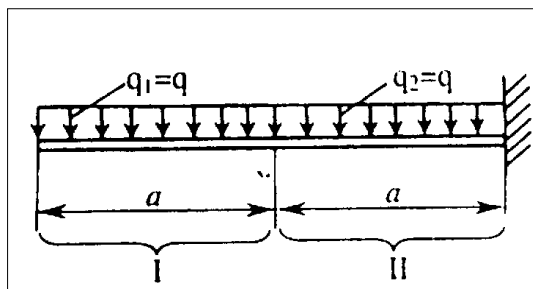


4. Если поперечное сечение образовано из двух жестко соединенных друг с другом швеллеров N20 ( $I_x = 1520 \text{ см}^4$ ,  $I_y = 113 \text{ см}^4$ ,  $A = 23,4 \text{ см}^2$ ,  $b = 76 \text{ мм}$  и  $z_0 = 2,07 \text{ см}$ ), то момент инерции всего сечения относительно горизонтальной главной центральной оси ( $Ox$ ) в  $\text{см}^4$  равен:

Ответ:

- 1) 1547      2) 1657      3) 1767      4) 1877

5. На первом и втором участках балки действует равномерно распределенная нагрузка одинаковой интенсивности:  $q_1 = q_2 = q$ . Если нагрузку  $q_2 = q$



направить в противоположную сторону, то прочность балки (оценку произвести по величине  $M_x$ ).

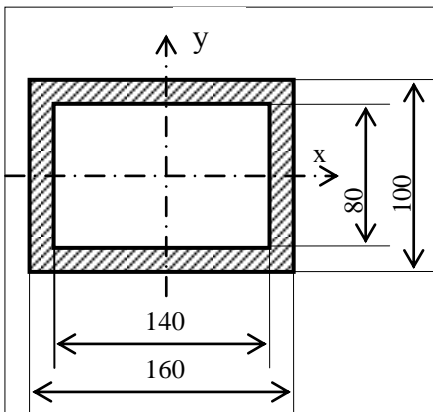
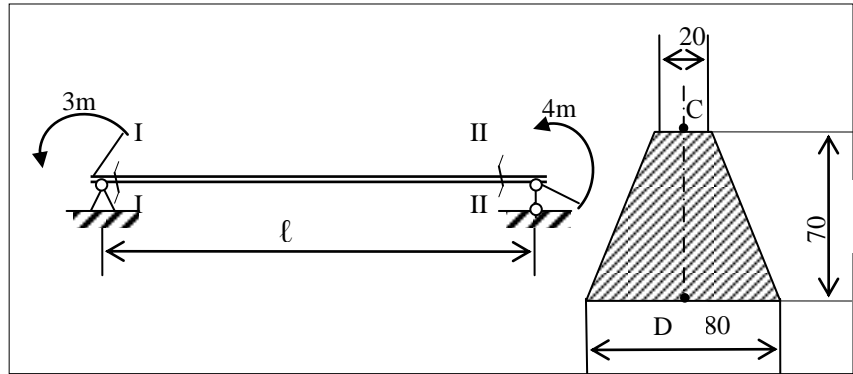
Ответ:

- 1) не изменится                      2) возрастет на 50%  
 3) возрастет на 100%                4) возрастет на 150%

6. Если балка изготовлена из хрупкого материала и находится под воздействием двух моментов  $3m$  и  $4m$ , то самой опасной будет точка:

Ответ:

- 1) С в сечении I-I  
 2) О в сечении I-I  
 3) С в сечении II-II  
 4) О в сечении II-II



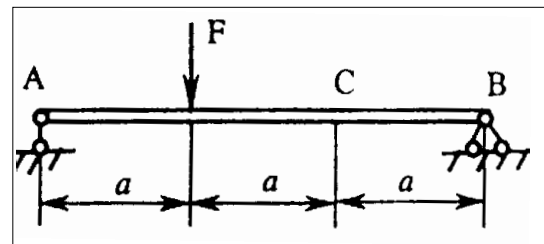
7. На чертеже изображено поперечное сечение балки. Если в этом сечении действует изгибающий момент  $M_x=20$  кНм, то фактический коэффициент запаса прочности ( $n$ ) при пределе текучести  $\sigma_T=240$  МПа равен:

Ответ:

- 1) 1,5                      2) 1,65                      3) 1,76                      4) 1,89

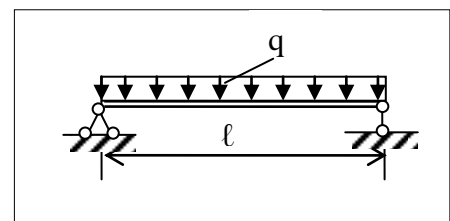
8. Если балка нагружена силой  $F$ , то прогиб сечения  $C$  ( $v_C$ ) при  $EI_x = \text{const}$  равен:

- 1)  $\frac{7 Fa^3}{18 EI_x}$                       2)  $\frac{11 Fa^3}{18 EI_x}$   
 3)  $\frac{13 Fa^3}{18 EI_x}$                       4)  $\frac{17 Fa^3}{18 EI_x}$



9. Стальная балка (модуль продольной упругости  $E = 2^{11}$  Па) имеет длину  $\ell = 0,6$  м и круговое поперечное сечение с диаметром  $d=60$  мм. Если стрела прогиба  $f$  (наибольший прогиб) равна 2 мм, то интенсивность равномерно распределенной нагрузки  $q$  в кН/м равна:

- 1) 150;                      2) 200;                      3) 250;                      4) 300.

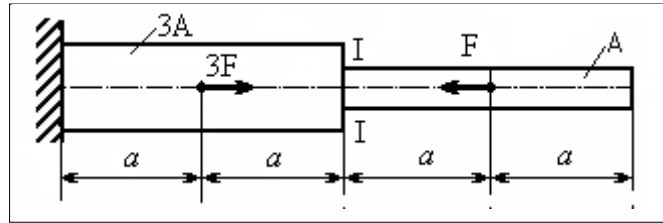


10. Если рама находится под воздействием горизонтальной силы  $F$ , то наибольшая величина изгибающего момента ( $\max M_x$ ) равна:

- 1)  $F \cdot b$       2)  $1,5 F \cdot b$       3)  $2,0 F \cdot b$       4)  $3,0 F \cdot b$ .

**Тест № 4.**

1. Если ступенчатый стержень нагружен силами  $F$  и  $3F$ , а  $A$  - параметр величины поперечного сечения, то перемещение сечения I-I -  $\lambda_1$  (перемещение вправо считается положительным) равно:

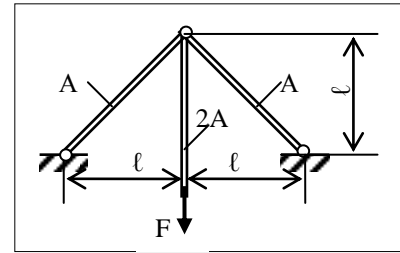


Ответ:

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

$(\frac{2Fa}{3EA})$

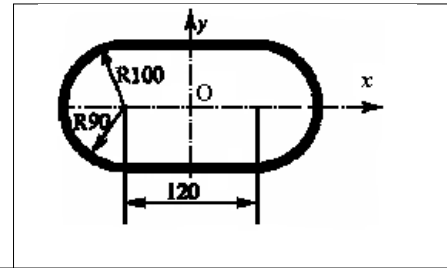
2. Если система нагружена силой  $P$ , предел текучести  $\sigma_T$  и  $A$  - параметр величины поперечного сечения известны, то фактический коэффициент запаса прочности ( $n$ ) равен приблизительно:



- Ответ: 1)  $1,03 \frac{\sigma_T \cdot A}{F}$ ;      2)  $1,40 \frac{\sigma_T \cdot A}{F}$ ;      3)  $1,50 \frac{\sigma_T \cdot A}{F}$ ;

4)  $1,60 \frac{\sigma_T \cdot A}{F}$ .

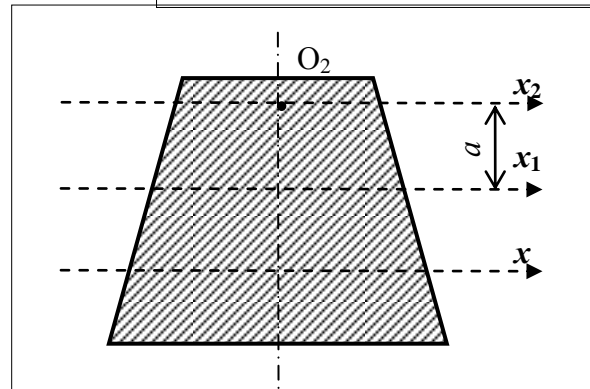
3. На чертеже изображено поперечное сечение балки. Главный центральный момент инерции этого сечения относительно горизонтальной оси ( $Ox$ ) в  $см^4$  равен:



Ответ:

- 1) 1630      2) 1850      3) 2100      4) 2340

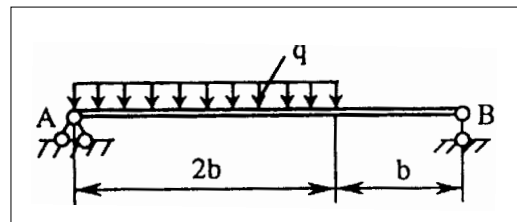
4. Если оси  $O_1x_1$  и  $O_2x_2$  расположены по одну сторону от центра тяжести ( $O$ ) площади поперечного сечения ( $A = 60 \text{ см}^2$ ) и при этом момент инерции  $I_{x_1} = 440 \text{ см}^4$ ,  $I_{x_2} = 3140 \text{ см}^4$ , а расстояние между осями  $O_1x_1$  и  $O_1x_2$  равно  $a = 5 \text{ см}$ , то главный центральный момент инерции относительно центральной оси ( $I_x$ ) равен:



Ответ:

- 1) 200      2) 300      3) 400      4) 500

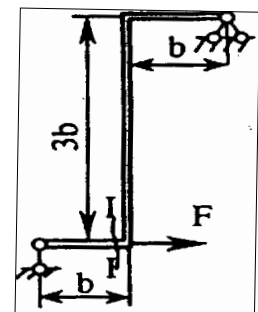
5. Если один из двух участков балки находится под действием равномерно распределенной нагрузки интенсивности  $q$ , то максимальная величина изгибающего момента ( $\max M_x$ ) по модулю достигает величины:



Ответ:

- 1)  $\frac{2}{3} qb^2$       2)  $\frac{5}{6} qb^2$       3)  $\frac{8}{9} qb^2$       4)  $\frac{4}{3} qb^2$

6. Если рама нагружена силой  $F$ , а поперечное сечение - квадрат со стороной, равной  $s$ , то наибольшее напряжение ( $\sigma_{\max}$ ) в сечении 1-1:



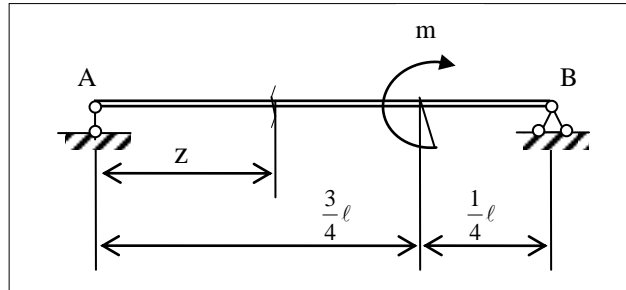
Ответ:

- 1)  $\frac{3Fb}{c^3}$       2)  $\frac{6Fb}{c^3}$       3)  $\frac{9Fb}{c^3}$       4)  $\frac{12Fb}{c^3}$ .

7. При заданном положении момента  $m$  прочность балки не обеспечена: фактически запас прочности составляет лишь 80% от нормативного ( $n=0,8[n]$ ). В какой области левой части балки ( $z$ ) должен находиться момент  $m$ , чтобы прочность была обеспечена?

Ответ:

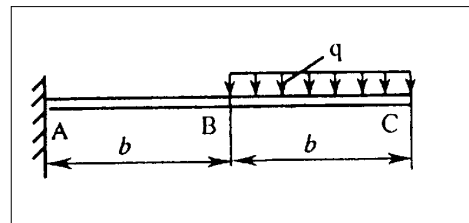
- 1)  $0 < z < 0,2\ell$       2)  $0,2 < z < 0,3\ell$   
 3)  $0,3 < z < 0,4\ell$       4)  $0,4 < z < 0,6\ell$



8. Если на правой части консольной балки находится равномерно распределённая нагрузка интенсивности  $q$ , то угол поворота сечения  $B(\varphi_B)$  по модулю при  $EI_x = \text{const}$  равен:

Ответ:

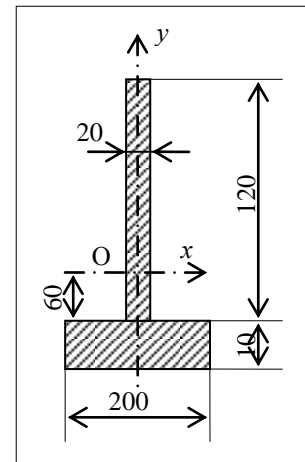
- 1)  $0,5 \frac{qb^3}{EI_x}$       2)  $\frac{qb^3}{EI_x}$       3)  $1,5 \frac{qb^3}{EI_x}$       4)  $2,0 \frac{qb^3}{EI_x}$ .



9. Если в поперечном сечении балки изгибающий момент  $M_x = 100$  кН/м и положение центра тяжести (O) известно, то величина наибольшего напряжения ( $\sigma_{\max}$ ) в МПа равна:

Ответ:

- 1) 122;      2) 132;  
 3) 142;      4) 152.



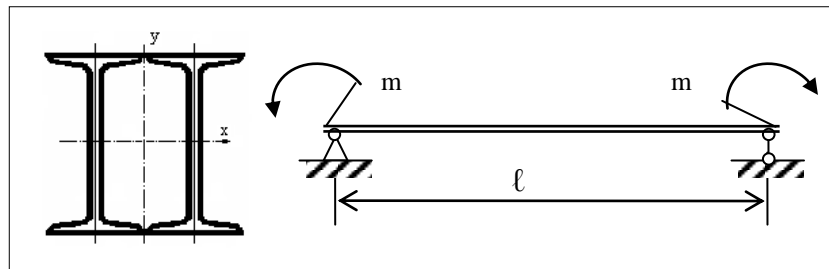
10. Если система, состоящая из двух рядом стоящих балок двутаврового профиля №27, подвергается действию двух пар сил  $m$ , то допустимое значение последних ( $[m]$ ) в кНм из условия жесткости

$$\left[ \frac{f}{l} \right] = \frac{1}{250}, \text{ где } f \text{ - стрела}$$

прогиба (максимальный прогиб),  $\ell = 2$  м, модуль продольной упругости  $E = 2 \cdot 10^{11}$  Па и для одного двутавра  $I_x = 5010 \text{ см}^4$  равно:

Ответ:

- 1) 321      2) 341      3) 361      4) 381.

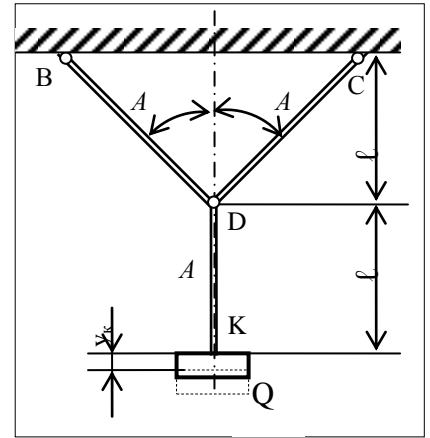


**Тест № 5.**

1. Если сплошной ступенчатый стержень нагружен несколькими осевыми силами, как это показано на чертеже, то модуль наибольшего напряжения в МПа равен:

Ответ:

- 1) 250            2) 220  
3) 200            4) 160



2. Если к системе, состоящей из трех соединенных друг с другом в шарнире O стержней одинакового поперечного сечения ( $A = \text{const}$ ), подвесить груз Q, то при известных длине  $l$ , модуле продольной упругости E, пределе текучести  $\sigma_T$  и фактическом коэффициенте запаса прочности n, вертикальное упругое перемещение  $y_K$  точки приложения груза Q равно:

Ответ:

- 1)  $1,41 \frac{l \cdot \sigma_T}{E \cdot n}$             2)  $2,0 \frac{l \cdot \sigma_T}{E \cdot n}$   
3)  $2,41 \frac{l \cdot \sigma_T}{E \cdot n}$             4)  $3,0 \frac{l \cdot \sigma_T}{E \cdot n}$

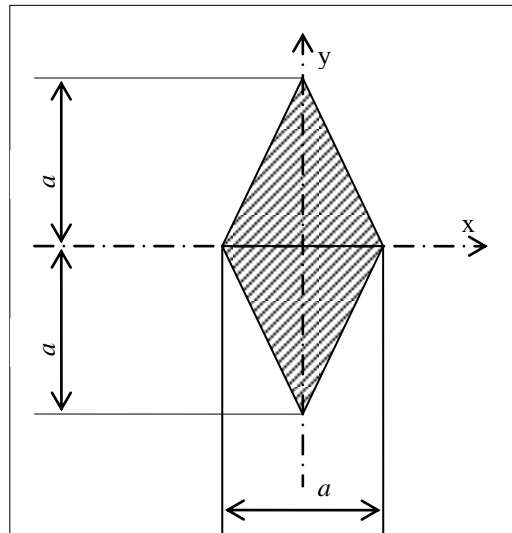
3. Если поперечное сечение стержня задано в форме ромба, то отношение величин главных

центральных моментов инерции  $\left( \frac{I_X}{I_Y} \right)$  сечения

равно:

Ответ:

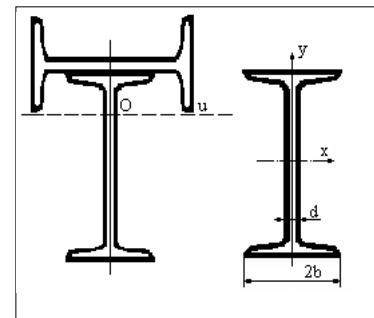
- 1) 2,0;            2) 2,4;            3) 3,0;            4) 4,0.



4. Если поперечное сечение балки - это два жестко соединенных между собой двутавра №30 ( $I_x = 7080 \text{ см}^4$ ,  $I_y = 337 \text{ см}^4$ ,  $A = 45,5 \text{ см}^2$ ;  $h = 135 \text{ мм}$ ;  $d = 6,5 \text{ мм}$ ), то главный центральный момент инерции сечения относительно горизонтальной оси  $O_u$  равен в  $\text{см}^4$ :

Ответ:

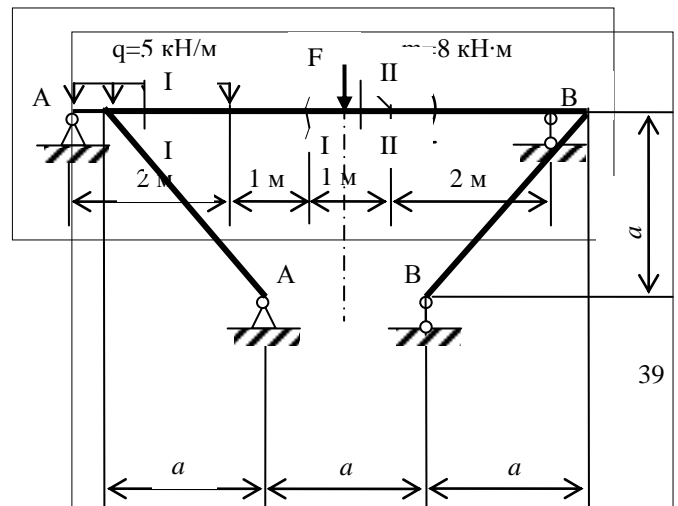
- 1) 10370;            2) 11520;            3) 12870;            4) 14120.



5. Если на балку действуют две нагрузки, то по модулю изгибающий момент  $M_x$  в среднем сечении, вычисленный в кНм, равен:

Ответ:

- 1) 1;    2) 9;    3) 10;    4) 21.



6. Если плоская рама нагружена симметрично приложенной силой  $P$ , то  $\frac{M'_x}{M''_x}$  - отношение величин изгибающих моментов в двух сечениях (знак минус фиксирует противоположный характер деформации изгиба в этих сечениях) оказывается равным:

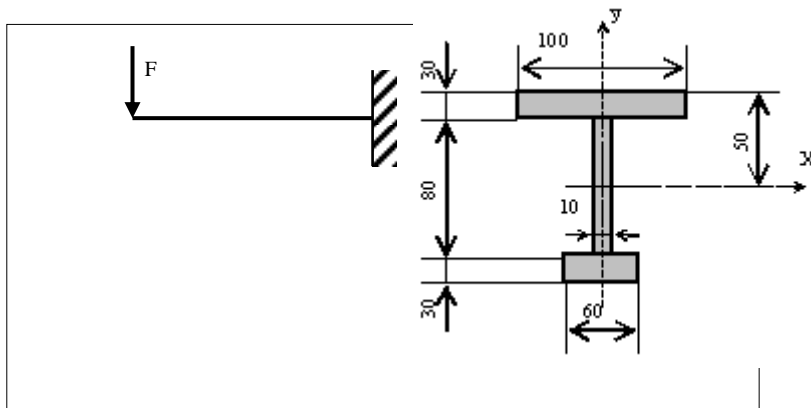
Ответ:

- 1) (-2,0);      2) (-0,5);  
3) (2,0);      4) 0,5.

7. Если в опасном сечении консольной чугунной балки (временное сопротивление на растяжение и на сжатие равно соответственно  $\sigma_{кр}=150$  МПа и  $\sigma_{кс}=600$  МПа) изгибающий момент достигает величины  $M_x^{max}=8$  кНм, то фактический коэффициент запаса прочности ( $n$ ) принимает значение:

Ответ:

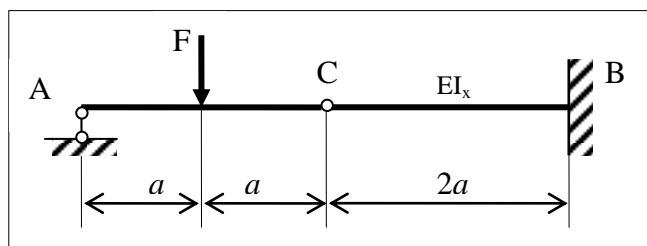
- 1) 12,20;      2) 8,71;  
3) 3,05;      4) 2,18.



8. Если балка, имеющая промежуточный шарнир С, находится под воздействием силы  $F$ , то вертикальное перемещение этого шарнира равно:

Ответ:

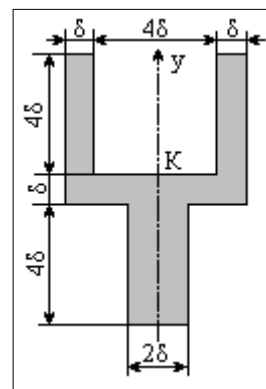
- 1)  $\frac{1}{3} \cdot \frac{F \cdot a^3}{EI_x}$       2)  $\frac{1}{2} \cdot \frac{F \cdot a^3}{EI_x}$   
3)  $\frac{2}{3} \cdot \frac{F \cdot a^3}{EI_x}$       4)  $\frac{4}{3} \cdot \frac{F \cdot a^3}{EI_x}$



9. На чертеже изображено поперечное сечение балки, испытывающей изгиб в вертикальной плоскости (пл. zOy). Если точке К с помощью датчика экспериментально найдено напряжение и оно равно  $\sigma=10$  МПа, то максимальное напряжение должно достигать величины:

Ответ:

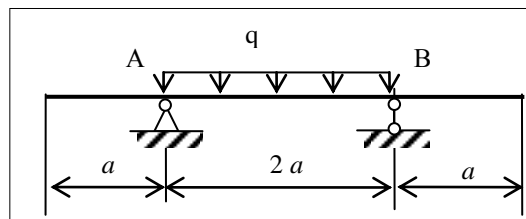
- 1) 100;      2) 90;      3) 50;      4) 40.



10. Если на среднем участке балки действует равномерно распределенная нагрузка интенсивности  $q$ , то прогибы середины балки и ее концов будут одинаковы при длине консолей ( $a$ ), равной:

Ответ:

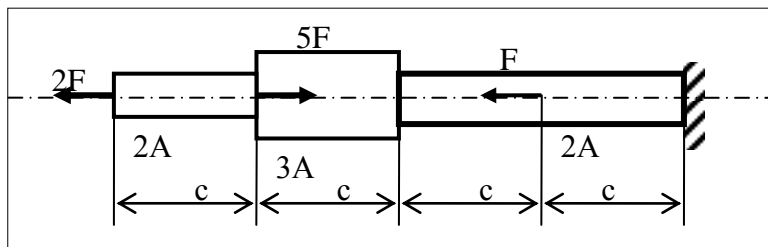
- 1)  $\frac{1}{2}a$       2)  $\frac{5}{8}a$       3)  $\frac{3}{4}a$       4)  $a$





### Тест № 6.

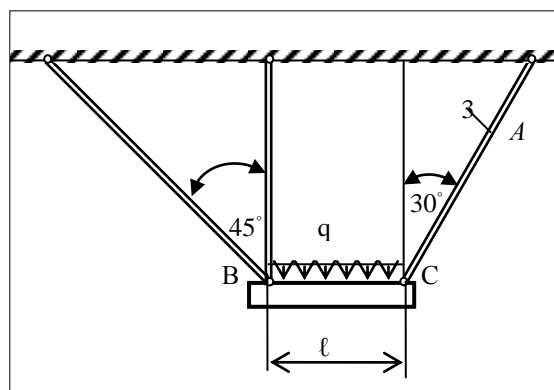
1. Если ступенчатый стержень нагружен осевыми силами, а  $A$  - параметр площади поперечного сечения, то наибольшее напряжение ( $\sigma_{\max}$ ) равно:



Ответ:

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

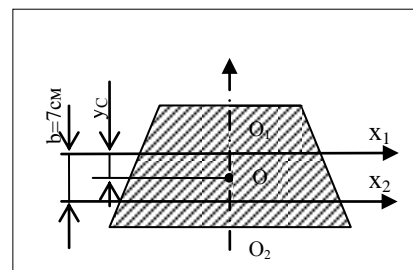
2. Если площадь поперечного сечения стержня 3 равна  $A$  и  $E$  - модуль продольной упругости, то абсолютное удлинение этого стержня ( $\Delta l_3$ ) под действием равномерно распределенной нагрузки интенсивности  $q$  равно:



Ответ:

- 1)  $\frac{1}{3} \cdot \frac{q\ell^2}{EA}$ ;      2)  $\frac{1}{2} \cdot \frac{q\ell^2}{EA}$   
 3)  $\frac{2}{3} \cdot \frac{q\ell^2}{EA}$       4)  $\frac{3}{4} \cdot \frac{q\ell^2}{EA}$ .

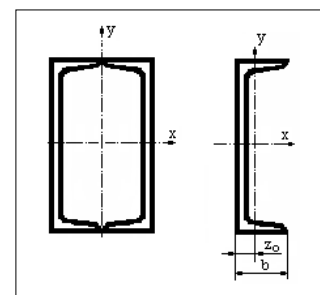
3. Если оси  $O_1x_1$  и  $O_2x_2$  расположены по разные стороны от центра тяжести площади поперечного сечения  $A$  ( $A=100 \text{ см}^2$ ) и при этом осевые моменты инерции  $I_{x_1} = 1700 \text{ см}^4$  и  $I_{x_2} = 2400 \text{ см}^4$ , а расстояние между осями  $O_1x_1$  и  $O_2x_2$  равно  $b=7 \text{ см}$ , то координата положения центра тяжести поперечного сечения  $y_c$  в см равна:



Ответ:

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

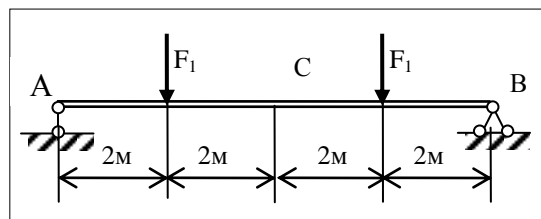
4. Если поперечное сечение образовано двумя жестко связанными между собой швеллерами, (№14 ( $I_x=491 \text{ см}^4$ ,  $I_y=45,4 \text{ см}^4$ ,  $A = 15,6 \text{ см}^2$ ,  $b = 58 \text{ мм}$  и  $z_o=2,67 \text{ см}$ ), то момент инерции всего сечения ( $I_u$ ) относительно оси  $O_u$  в  $\text{см}^4$  равен:



Ответ:

- 1) 532;      2) 682;      3) 832;      4) 982.

5. Если на балку действуют две силы, равные соответственно  $F_1=6 \text{ кН}$  и  $F_2 = 10 \text{ кН}$ , то модуль величины изгибающего момента в среднем сечении ( $M_x^C$ ) в кНм равен:



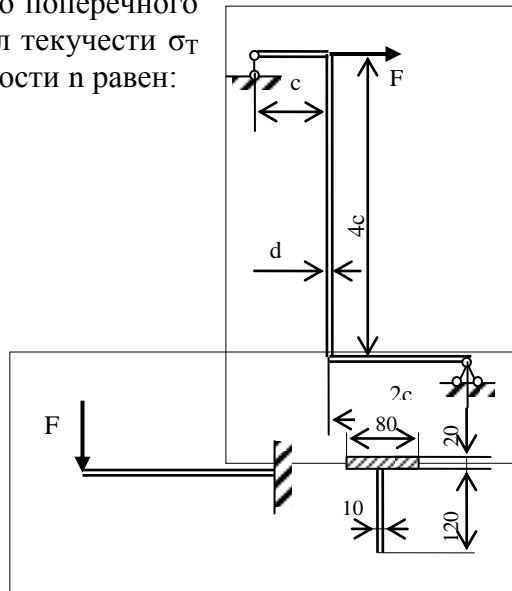
Ответ:

- 1) 4;      2) 6;      3) 8;      4) 10.

6. Если сила  $F$ , параметр длины  $c$ , диаметр кругового поперечного сечения  $d$  (оно на всех участках одинаково) и предел текучести  $\sigma_T$  известны, то фактический коэффициент запаса прочности  $n$  равен:

Ответ:

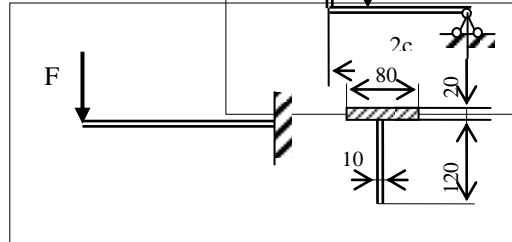
- 1)  $\frac{\sigma_T d^3}{22Fc}$     2)  $\frac{\sigma_T d^3}{27Fc}$     3)  $\frac{\sigma_T d^3}{32Fc}$     4)  $\frac{\sigma_T d^3}{37Fc}$ .



7. Чугунная балка (временное сопротивление на растяжение  $\sigma_p$  в четыре раза меньше временного сопротивления на сжатие  $\sigma_c$  имеет тавровое поперечное сечение. Если сила  $F$  изменит свое направление на противоположное, то фактический коэффициент запаса прочности  $n$  –

Ответ:

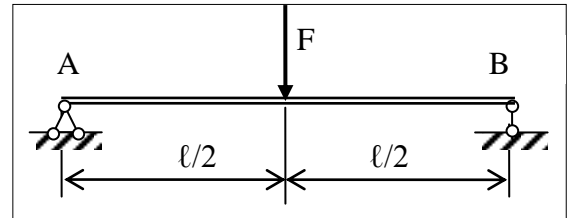
- 1) возрастет в 2 раза;    2) сохранится таким же;  
3) уменьшится в 2 раза;    4) уменьшится и 2,5 раза.



8. Если однопролетная балка длиной  $\ell = 2$  м имеет поперечное сечение в виде двутавра ( $I_x = 491 \text{ см}^4$ ), то под действием силы  $F = 50$  кН угол поворота сечения над левой опорой ( $\varphi_A$ ) при модуле продольной упругости  $E = 2 \cdot 10^{11}$  Па; по абсолютной величине равен:

Ответ:

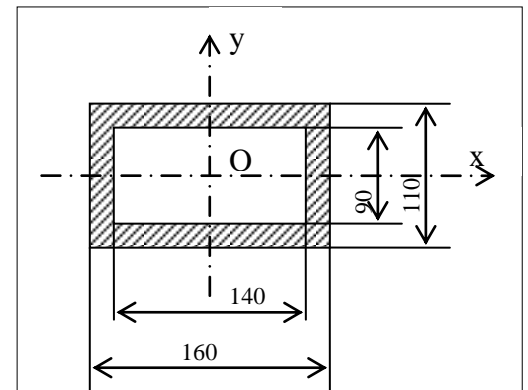
- 1)  $0,35^\circ$ ;    2)  $0,32^\circ$ ;    3)  $0,28^\circ$ ;    4)  $0,25^\circ$ .



9. На чертеже изображено поперечное сечение балки. Если в этом сечении действует изгибающий момент  $M_x = 25$  кНм, то наибольшее напряжение в МПа равно:

Ответ:

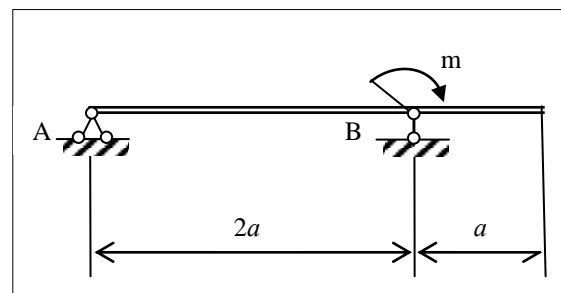
- 1) 119;    2) 129;    3) 134;    4) 149.



10. Если через  $f$  обозначить стрелу прогиба (максимальный прогиб), а через  $[f]$  - ее допускаемое значение, то при  $EI_x = \text{const}$  условие жесткости примет следующий вид:

Ответ:

- 1)  $f = \frac{ma}{4EI_x} \geq [f]$ ;    2)  $f = \frac{ma}{2EI_x} \geq [f]$ ;  
3)  $f = \frac{2ma}{3EI_x} \geq [f]$ ;    4)  $f = \frac{3ma}{4EI_x} \geq [f]$ .

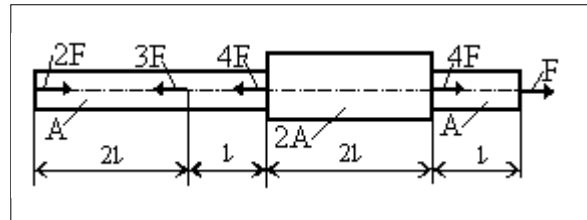


Тест № 7.

1. Пять осевых сил деформируют стержень. Если  $A$  - это параметр площади, определяющий величину поперечного сечения, то наибольшее по модулю напряжение ( $\sigma_{\max}$ ):

Ответ:

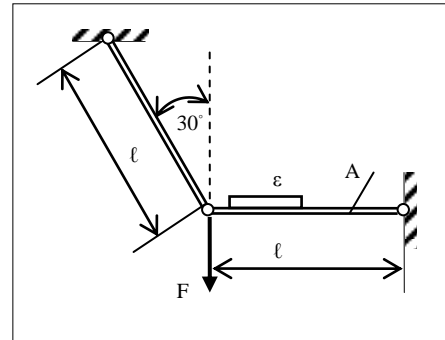
- 1)  $1,0 \frac{F}{A}$ ; 2)  $1,5 \frac{F}{A}$ ; 3)  $2,0 \frac{F}{A}$ ; 4)  $2,5 \frac{F}{A}$ .



2. Площадь поперечного сечения правого стержня  $A=6\text{см}^2$  и модуль продольной упругости  $E=2\cdot 10^{11}$  Па. Если прикрепленный вдоль оси этого стержня датчик показывает деформацию  $\epsilon=4\cdot 10^{-4}$ , то величина силы  $F$  в кН, равна:

Ответ:

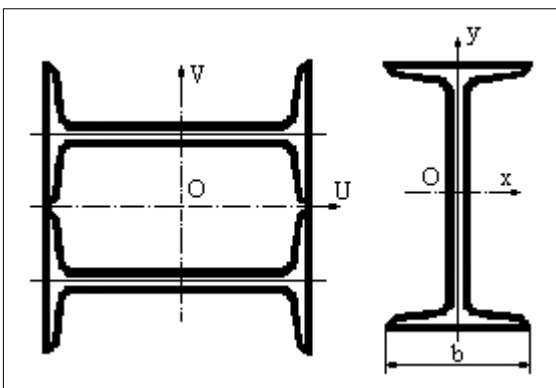
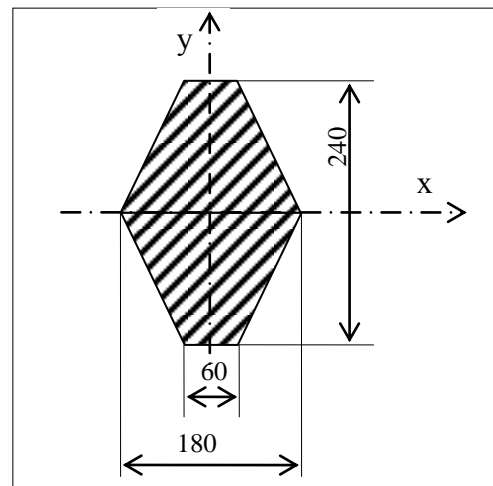
- 1) 63; 2) 73; 3) 83; 4) 93.



3. На чертеже изображено поперечное сечение балки. Главный центральный момент инерции сечения ( $I_x$ ) относительно горизонтальной оси  $Ox$  равен в  $\text{см}^4$ :

Ответ:

- 1) 8150; 2) 9250; 3) 10370; 4) 11630.



4. Если поперечное сечение - два жестко соединенных друг с другом двутавра №24 ( $A=34,8 \text{ см}^2$ ,  $I_x=3460 \text{ см}^4$ ,  $I_y=198 \text{ см}^4$ ,  $b=115 \text{ мм}$ ), то момент инерции всего сечения относительно оси  $O_u$  в  $\text{см}^4$  равен:

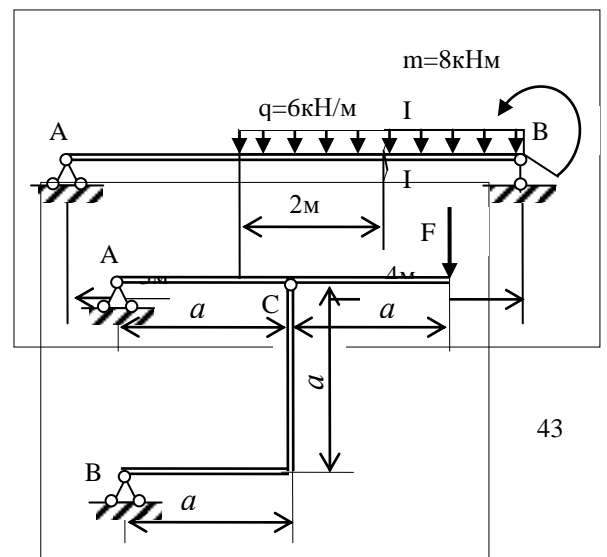
Ответ:

- 1) 1837; 2) 2185;  
3) 2405; 4) 2697.

5. Если на балку действуют две нагрузки -  $q$  и  $m$ , то по модулю величина изгибающего момента  $M_x$  в сечении 1-1 в кНм равна:

Ответ:

- 1) 28; 2) 32; 3) 36; 4) 40.



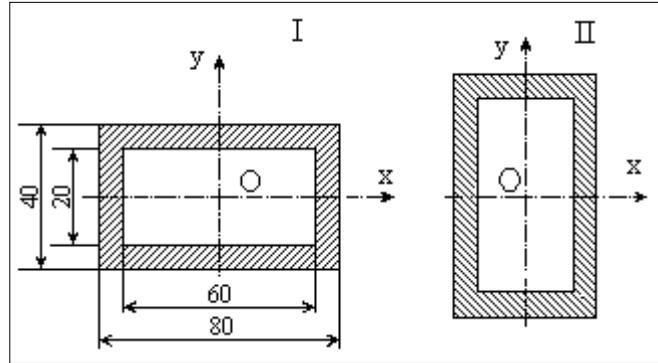
6. Если поперечное сечение рамы на всех участках - квадрат со стороной  $s$ , то наибольшее напряжение  $\sigma_{\max}$

равно:

Ответ:

- 1)  $8 \frac{Fa}{c^3}$ ;    2)  $10 \frac{Fa}{c^3}$ ;    3)  $12 \frac{Fa}{c^3}$ ;    4)  $16 \frac{Fa}{c^3}$ .

7. Под действием вертикальной нагрузки за счет изгиба в балке, поперечное сечение которой изображено на чертеже (I), возникнет текучесть, так как  $\sigma_{\max} = 280 \text{ МПа} > \sigma_T = 240 \text{ МПа}$ . Если же балку повернуть вокруг ее собственной оси (Oz) на  $90^\circ$  (II), то сопротивляемость балки изгибу возрастет. В каком теперь состоянии окажется балка, если нормативный коэффициент запаса прочности равен  $[n] = 1,5E$ ?



Ответ:

- 1)  $\sigma_{\max} < [\sigma_T]$ ;    2)  $\sigma_{\max} = [\sigma_T]$ ;  
 3)  $[\sigma_T] < \sigma_{\max} < \sigma_T$     4)  $\sigma_{\max} \geq \sigma_T$ .

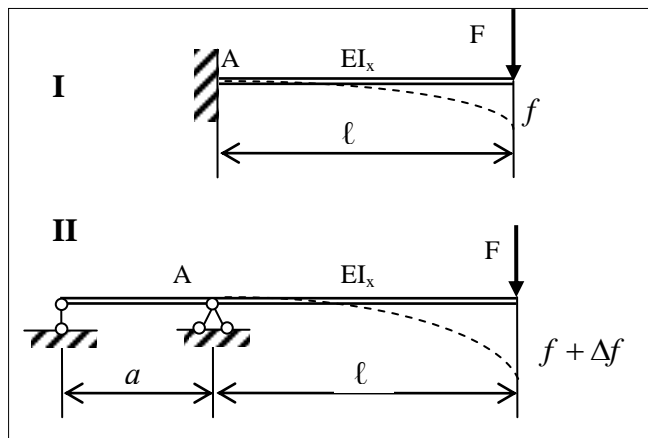
8. Если консольная балка имеет жесткую заделку в опоре A(I), то наибольший прогиб равен

$f = \frac{F\ell^3}{EI_x}$ . Если же осуществить в этой

опоре упругую заделку (II), (ее можно смоделировать в виде дополнительного пролета длиной  $a = 0,3\ell$ ), то наибольший прогиб увеличится на величину  $\Delta f$ , равную:

Ответ:

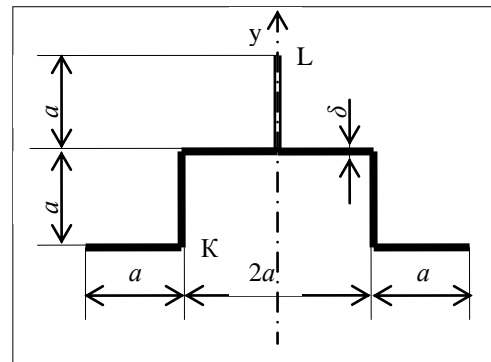
- 1)  $0,05 \frac{F\ell^3}{EI_x}$ ;    2)  $0,10 \frac{F\ell^3}{EI_x}$ ;  
 3)  $0,15 \frac{F\ell^3}{EI_x}$ ;    4)  $0,20 \frac{F\ell^3}{EI_x}$ .



9. Балка изготовлена из двух гнутых стальных листов, жестко соединенных друг с другом. Поперечное сечение этой балки изображено на чертеже. При этом можно считать  $\delta \ll a$ . Если в точке напряжение  $\sigma = 90 \text{ МПа}$ , то в точке L оно в МПа равно:

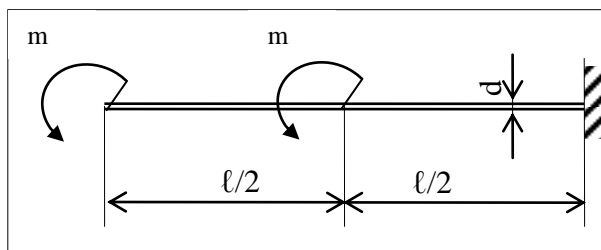
Ответ:

- 1) 180;    2) 150;    3) 120;    4) 90.



К

10. К балке приложены два момента  $m$ . Их допустимое значение  $[m]$  из условия прочности  $\left[\frac{f}{l}\right] = \frac{1}{400}$ , где  $f$  - наибольший прогиб, длина  $l = 2$  м, диаметр поперечного сечения  $d = 0,1$  м и модуль продольной упругости  $E = 2 \cdot 10^{11}$  Па, равно в кНм:

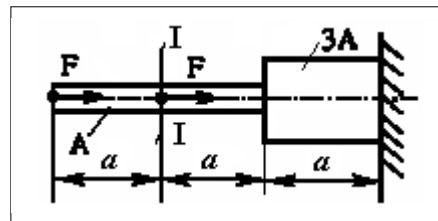


Ответ:

- 1) 21;      2) 28;      3) 35;      4) 42.

**Тест № 8.**

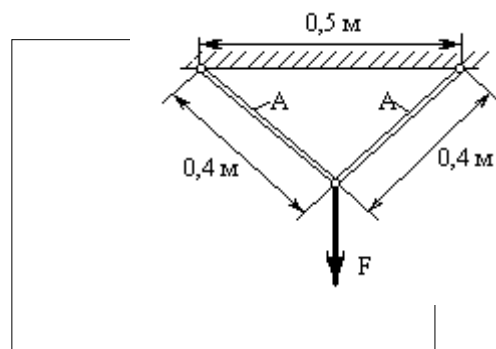
1. Если на ступенчатый стержень действуют две осевые силы  $F$  и их величины известны, так же, как известны размер  $a$ , параметр величины площади поперечного сечения  $A$  и модуль продольной упругости  $E$ , то сечение 1-1 приблизится к опоре  $B$  на величину  $\lambda_1$ , равную:



Ответ:

- 1)  $\frac{Fa}{EA}$       2)  $2 \frac{Fa}{EA}$       3)  $2,33 \frac{Fa}{EA}$       4)  $2,67 \frac{Fa}{EA}$ .

2. Два чугунных стержня поддерживают груз  $P$ . Если все линейные размеры, площади поперечного сечения ( $A = \text{const}$ ) и временное сопротивление (предел прочности) растяжения  $a$  заданы, то фактический коэффициент запаса прочности  $n$  равен:

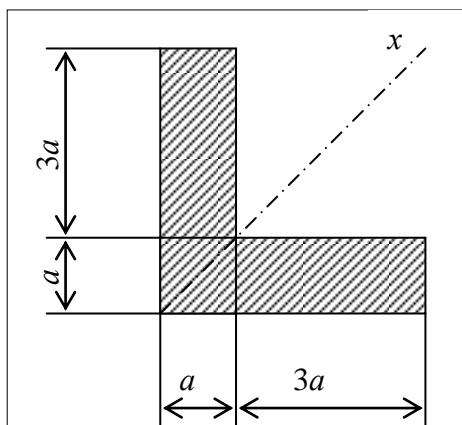


Ответ:

- 1)  $0,8 \frac{\sigma_{ep} \cdot A}{F}$ ;      2)  $1,0 \frac{\sigma_{ep} \cdot A}{F}$ ;

- 3)  $1,25 \frac{\sigma_{ep} \cdot A}{F}$ ;      4)  $1,5 \frac{\sigma_{ep} \cdot A}{F}$ .

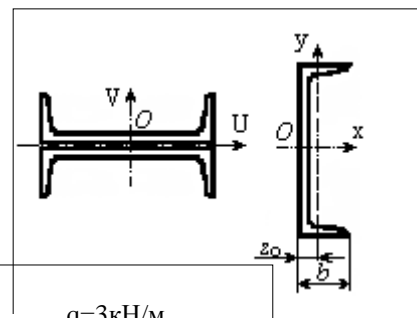
3. На чертеже изображено поперечное сечение в виде уголкового профиля. Момент инерции сечения  $I_x$ , относительно оси симметрии ( $Ox$ ) равен:



Ответ:

- 1)  $16,6 a^4$       2)  $14,6 a^4$       3)  $12,6 a^4$       4)  $10,6 a^4$

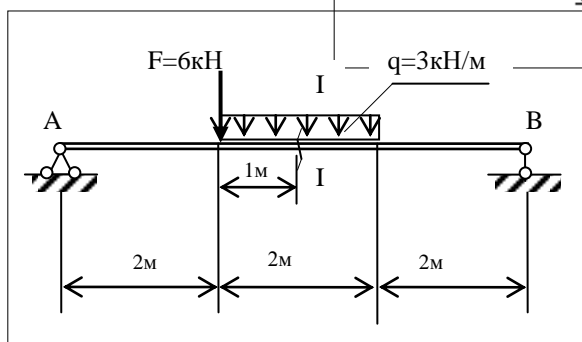
4. Если поперечное сечение образовано из двух жестко



соединенных друг с другом швеллеров N12 ( $I_z = 304 \text{ см}^4$ ;  $I_y = 31,2 \text{ см}^4$ ;  $A = 13,3 \text{ см}^2$ ;  $z_0 = 1,54 \text{ см}$ ), то момент инерции сечения относительно горизонтальной оси  $O_u$  в  $\text{см}^4$  равен:

Ответ:

- 1) 126      2) 146      3) 166  
4) 186.

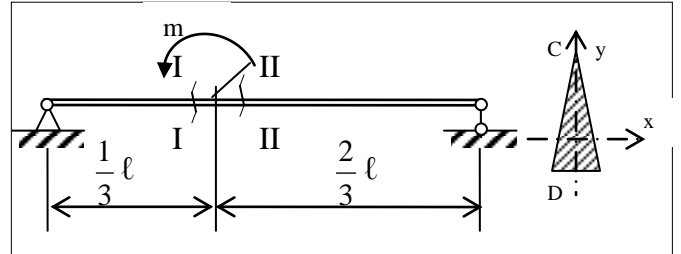


5. Если на балку действуют две нагрузки, то величина изгибающего момента  $M_x$  в среднем сечении (1-1) по модулю в кНм равна:

Ответ:

- 1) 6,5;      2) 12,0;  
3) 13,5;     4) 15,0.

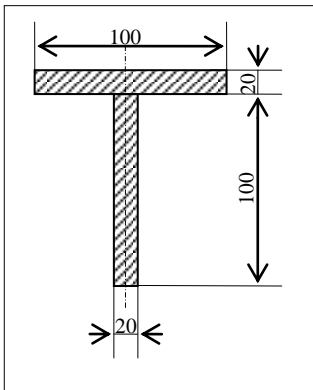
6. Если к однопролетной балке, изготовленной из хрупкого материала (соотношение временного сопротивления на сжатие и растяжение  $\left(\frac{\sigma_{раст}}{\sigma_{сжат}} = 4\right)$  принять равным 4) и имеющей поперечное сечение в форме равнобедренного треугольника, приложен



момент  $m$ , то опасным сечением и опасной точкой являются:

Ответ:

- 1) I-I и C;      2) I-I и D;      3) II-II и C;      4) II-II и D.

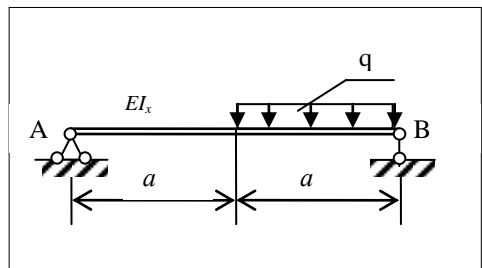


7. Если при изгибе в вертикальной плоскости изгибающий момент  $M_x=10\text{кНм}$ , а поперечное сечение имеет форму тавра, то наибольшее напряжение  $\sigma_{\max}$  в МПа равно:

Ответ:

- 1) 120;      2) 130;      3) 140;      4) 150.

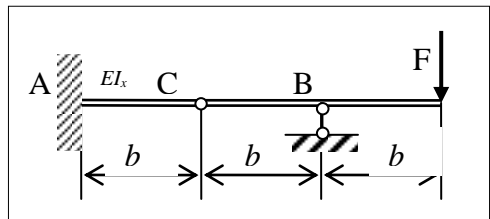
8. Если половина балки находится под действием равномерно распределенной нагрузки интенсивностью  $q$ , то модуль угла поворота сечения, расположенного над левой опорой, равен:



Ответ:

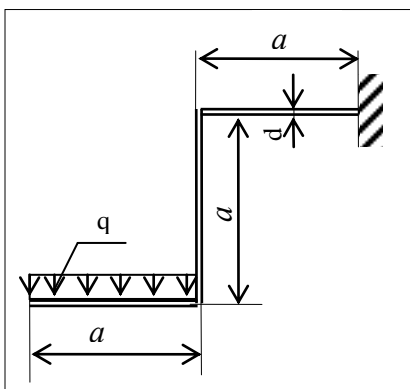
- 1)  $\frac{5qa^2}{48EI_x}$ ;      2)  $\frac{7qa^2}{48EI_x}$ ;      3)  $\frac{11qa^2}{48EI_x}$ ;      4)  $\frac{13qa^2}{48EI_x}$ .

9. Если балка, нагруженная силой  $P$ , имеет промежуточный шарнир в сечении С, то максимальный прогиб (стрела прогиба  $f$ ) равен:



Ответ:

- 1)  $\frac{Eb^3}{2EI_x}$       2)  $\frac{Eb^3}{EI_x}$       3)  $\frac{4Eb^3}{3EI_x}$       4)  $\frac{3Eb^3}{2EI_x}$ .



10. Если плоская консольная рама имеет на всех участках круглое поперечное сечение (его диаметр  $d=40\text{мм}$ ), то допускаемая величина интенсивности равномерно распределенной нагрузки  $[q]$  в кН/м при  $a=0,5\text{м}$  и  $[\sigma]=150\text{МПа}$  равна:

Ответ:

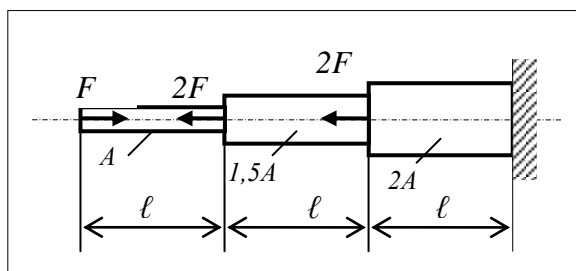
- 1) 1,5;      2) 2,0;      3) 2,5;      4) 3,0.

**Тест № 9.**

1. Если  $F = 280$  кН,  $A = 40$  см<sup>2</sup>,  $\ell = 0,3$  м и предел текучести  $\sigma_T = 220$  МПа, то фактический коэффициент запаса прочности  $n$  равен приблизительно:

Ответ:

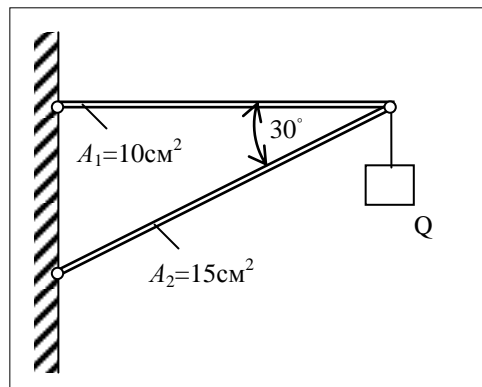
- 1) 1,5      2) 1,8      3) 2,1 4) 2,4.



2. Если принять допускаемое напряжение  $[\sigma] = 160$  МПа, то грузоподъемность кронштейна (Q) равна приблизительно в кН:

Ответ:

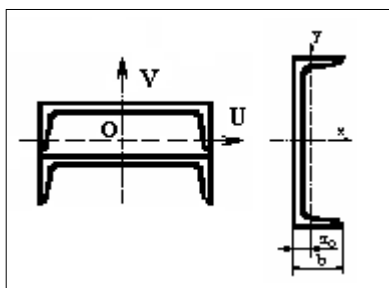
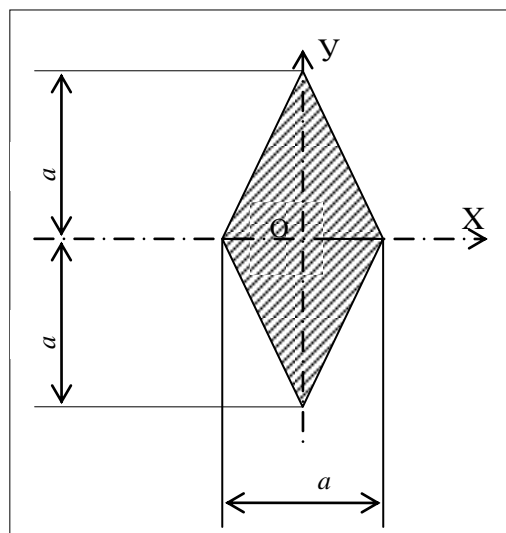
- 1) 85;      2) 93;      3) 100;      4) 108.



3. Для поперечного сечения в форме ромба главный центральный момент инерции ( $I_x$ ) относительно горизонтальной оси ( $O_x$ ) равен:

Ответ:

- 1)  $\frac{1}{12} a^4$ ;      2)  $\frac{1}{6} a^4$ ;      3)  $\frac{1}{3} a^4$ ;      4)  $\frac{1}{2} a^4$ .



4. Если поперечное сечение образовано из двух жестко соединенных друг с другом швеллеров №18 ( $I_x = 1090$  см<sup>4</sup>;  $I_y = 86$  см<sup>4</sup>;  $A = 20,7$  см<sup>2</sup>;  $b = 70$  мм и  $z_0 = 1,94$  см), то момент инерции всего сечения относительно горизонтальной центральной оси  $Ox$  в см<sup>4</sup> равен:

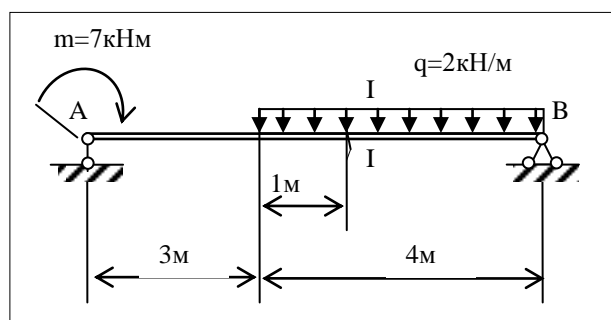
Ответ:

- 1) 679;      2) 779;      3) 879;      4) 979.

5. Если на балку действуют три различные нагрузки, то модуль изгибающего момента  $M_x$  в сечении I-I в кН·м равен:

Ответ:

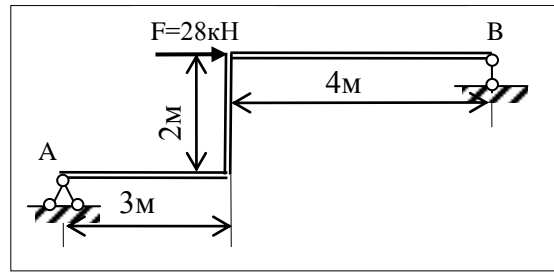
- 1) 12      2) 15      3) 19      4) 24.



6. Если плоская рама нагружена горизонтальной силой  $P = 28$  кН, то наибольшее значение изгибающего момента ( $M_{\max}$ ) по абсолютной величине в кНм равно:

Ответ:

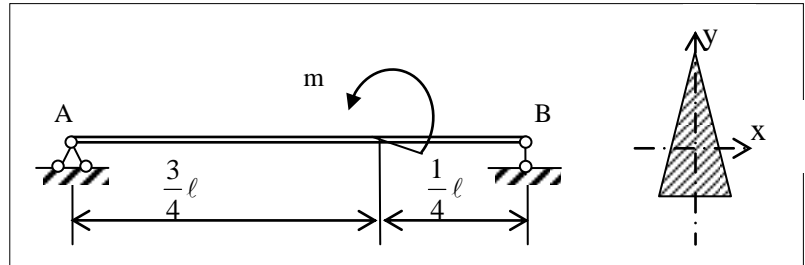
- 1) 24;      2) 32;      3) 56;      4) 84.



7. К однопролетной балке приложен момент  $m$ . Балка изготовлена из хрупкого материала:  $[\sigma_p] = 0,25[\sigma_c]$ . Если изменить направление действия момента на обратное, то фактический коэффициент запаса прочности  $n$ :

Ответ:

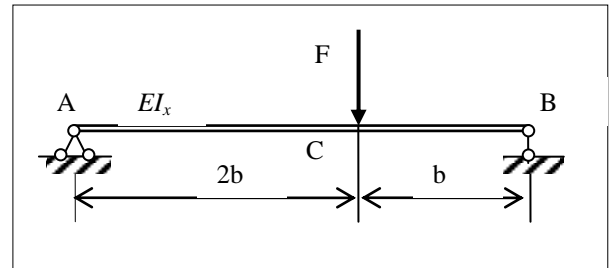
- 1) увеличится в два раза;    2) не изменится;  
3) уменьшится в полтора раза;    4) уменьшится в два раза.



8. Если сила  $F$  и прогиб под силой ( $y_c$ ) известны, а также заданы размер  $b$  и модуль продольной упругости  $E$ , то осевой момент инерции поперечного сечения  $I_x$  должен быть равен:

Ответ:

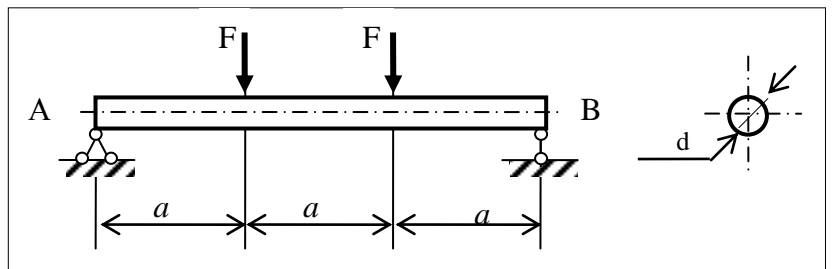
- 1)  $\frac{2}{9} \frac{Fb^3}{Ey_c}$ ;    2)  $\frac{4}{9} \frac{Fb^3}{Ey_c}$ ;  
3)  $\frac{5}{9} \frac{Fb^3}{Ey_c}$ ;    4)  $\frac{7}{9} \frac{Fb^3}{Ey_c}$ .



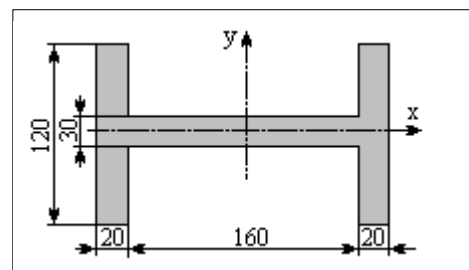
9. Один из видов расчета на жесткость состоит в ограничении величин углов поворота поперечных сечений, расположенных над опорами (в реальных конструкциях - углов поворота концевых сечений вала в подшипниках). В данном расчете при  $\Theta \leq [\Theta] = 0,5$  °/м,  $a = 0,3$  м,  $F = 200$  кН и модуле продольной упругости  $E = 2 \cdot 10^{11}$  Па диаметр поперечного сечения вала ( $d$ ) должен быть в мм не менее:

Ответ:

- 1) 50;      2) 45;      3) 40;      4) 38.



10. В опасном поперечном сечении балки, изображенном на чертеже, действует изгибающий момент  $M_x = 170$  кНм. Если допустимое напряжение  $[\sigma] = 160$  МПа и предел текучести  $\sigma_T = 240$  МПа, то нужно определить





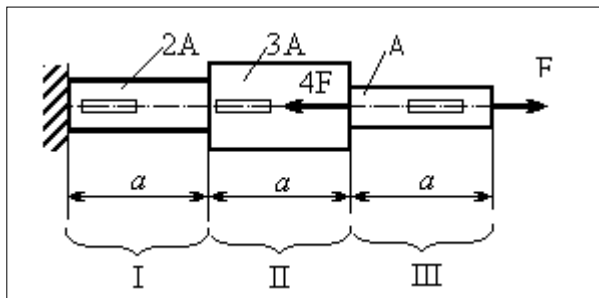
наибольшее напряжение  $\sigma_{\max}$  в МПа и проанализировать результаты с точки зрения прочности балки:

Ответ:

- 1)  $\sigma_{\max} = 115$ ; прочность обеспечена с большим запасом;
- 2)  $\sigma_{\max} = 157$ ; прочность обеспечена без излишнего запаса;
- 3)  $\sigma_{\max} = 167$ ; прочность несколько снижена, но в допустимых пределах ( $167 > 160$ , но  $167 < 1,05[\sigma] = 168$ );
- 4)  $\sigma_{\max} = 184$ ; прочность нарушена, хотя текучесть не возникает ( $1,05[\sigma] = 168 < 184 < \sigma_T = 240$ ).

**Тест № 10.**

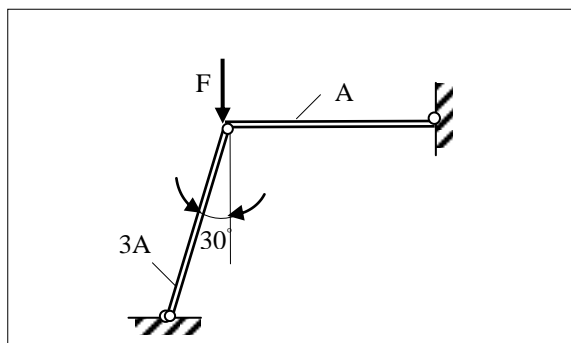
1. При экспериментальном исследовании напряжений используются датчики, прикрепляемые вдоль оси стержня. Так как более надежные результаты получаются при больших величинах напряжений, то датчик нужно устанавливать на участке:



Ответ:

- 1) I;
- 2) II;
- 3) III;
- 4) любом.

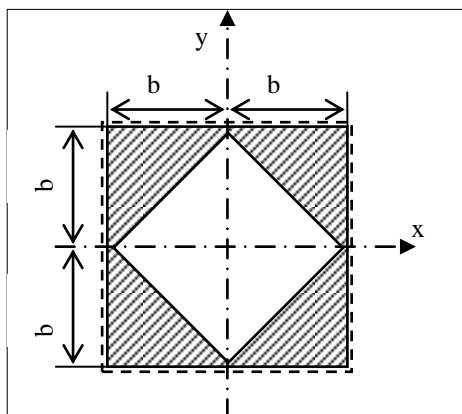
2. Если сила  $P$ , параметр величины площади поперечного сечения  $A$  и предел текучести  $\sigma_T$  известны, то фактический коэффициент запаса прочности  $n$  равен:



Ответ:

- 1)  $1,20 \cdot \frac{\sigma_T A}{F}$ ;
- 2)  $1,41 \cdot \frac{\sigma_T A}{F}$ ;

- 3)  $1,60 \cdot \frac{\sigma_T A}{F}$ ;
- 4)  $1,73 \cdot \frac{\sigma_T A}{F}$ .

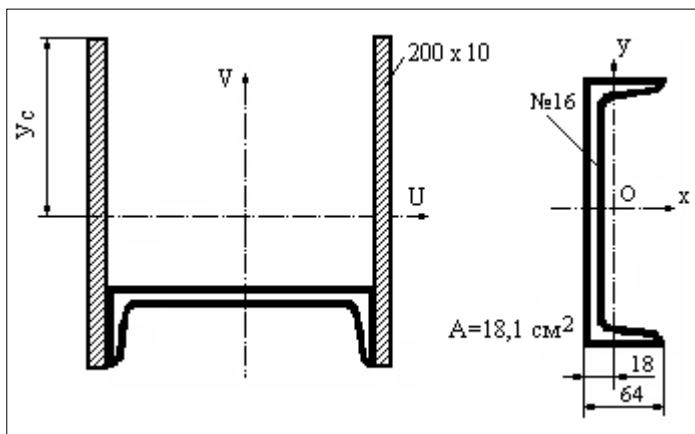


3. Поперечное сечение балки изображено на чертеже. Отдельные части сечения жестко связаны между собой (эта связь показана пунктирными линиями). Момент инерции сечения относительно оси  $O_x$  равен:

Ответ:

- 1)  $b^4$ ;
- 2)  $\frac{3}{4} b^4$ ;
- 3)  $\frac{3}{2} b^4$ ;
- 4)  $\frac{2}{3} b^4$ .

4. Для поперечного сечения, изображенного на чертеже, горизонтальная главная центральная ось располагается на расстоянии  $v_c$ , равном в см:



Ответ:

- 1) 13,7;
- 2) 13,1;

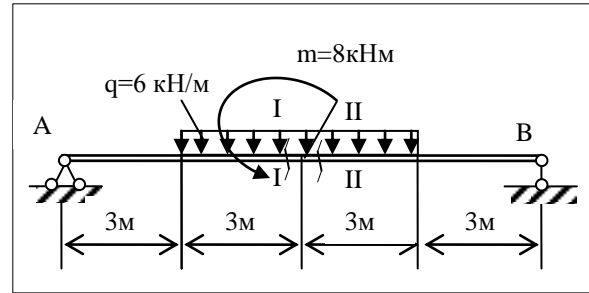
- 3) 12,5;      4) 11,7.

5. Если на балку действуют две нагрузки - равномерно распределенная и пара сил, то отношение модулей величин изгибающих

моментов  $M_x$  в двух сечениях  $\left( \frac{M_x^I}{M_x^{II}} \right)$  равно:

Ответ:

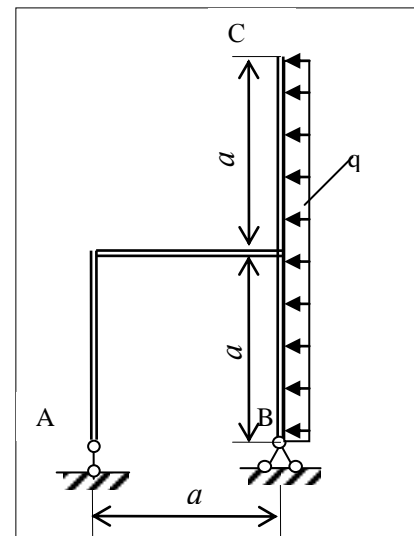
- 1) 1,20;      2) 1,35;      3) 1,50;      4) 1,65.



6. Если плоская рама испытывает действие горизонтальной равномерно распределенной нагрузки интенсивности  $q$ , то наибольшее значение изгибающего момента  $M_x$  по модулю в пределах вертикального участка ВС равно:

Ответ:

- 1)  $2qa^2$       2)  $1,5 qa^2$       3)  $1,2 qa^2$       4)  $1,0 qa^2$ .



7. Если в консольной чугунной балке (временное сопротивление на растяжение и сжатие равно соответственно  $\sigma_{в.р.} = 120$  МПа и  $\sigma_{в.с.} = 500$  МПа) в опасном сечении изгибающий момент  $\max M_x = 6$  кНм, то фактический коэффициент запаса прочности ( $n$ ) принимает значение:

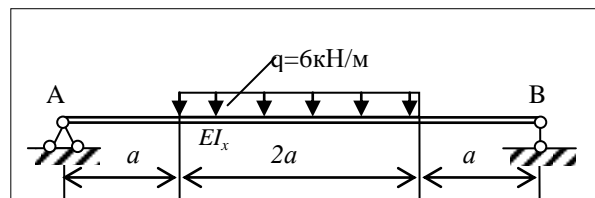
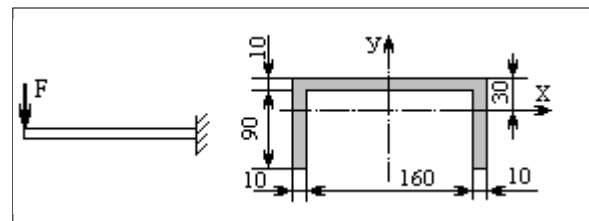
Ответ:

- 1) 9,6;      2) 4,2;      3) 2,3;      4) 1,0.

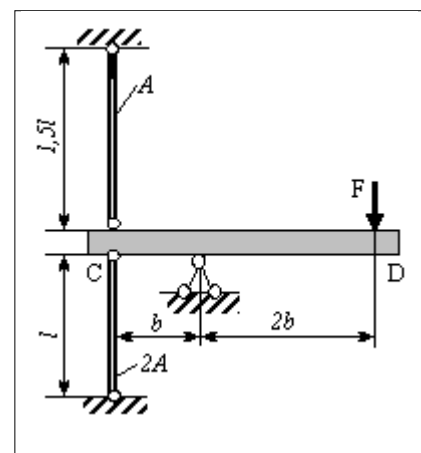
8. Если к средней части балки приложена равномерно распределенная нагрузка интенсивности  $q$ , то максимальный прогиб  $f$  (стрела прогиба) равен:

Ответ:

- 1)  $\frac{15 qa^4}{8 EI_x}$ ;      2)  $\frac{19 qa^4}{8 EI_x}$ ;      3)  $\frac{11 qa^4}{3 EI_x}$ ;      4)  $\frac{22 qa^4}{3 EI_x}$ .



9. Недеформируемый брус CD поддерживают два стержня. Если сила F и параметр величины площади

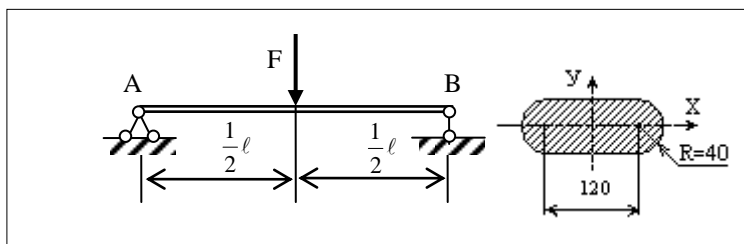


поперечного сечения А известны, то наибольшее напряжение  $\sigma_{\max}$  равно:

Ответ:

- 1)  $0,25 \frac{F}{A}$ ;    2)  $0,50 \frac{F}{A}$ ;    3)  $0,75 \frac{F}{A}$ ;    4)  $1,00 \frac{F}{A}$ .

**10.** Однопролетная деревянная балка посередине нагружена силой  $F = 2$  кН. Поперечное сечение показано на чертеже. Если  $[\sigma] = 10$  МПа, то максимально возможная (допустимая) длина  $\ell$  в м равна:



Ответ:

- 1) 2,4;    2) 3,0;    3) 3,6;    4) 4,2.

## Материалы для подготовки к итоговой аттестации по курсу

### Тема 1. Основные понятия

Понятия прочности, жесткости и устойчивости конструкций. Основные допущения (гипотезы курса) СМ. Основные объекты, изучаемые в курсе СМ: брус, пластина, оболочка, массив. Внешние силы и их классификация. Внутренние силы и метод их изучения (метод сечений). Внутренние усилия в поперечном сечении бруса: продольные и поперечные силы, крутящие и изгибающие моменты. Виды простейших нагружений (деформаций) бруса: растяжение и сжатие, сдвиг, кручение, изгиб. Общий порядок построения эпюр внутренних усилий.

Напряжение полное, нормальное и касательное. Интегральные зависимости между внутренними усилиями и напряжениями. Деформации и перемещения. Деформации линейные и угловые (сдвига), абсолютные и относительные, упругие и пластические (остаточные).

### Вопросы для самопроверки

1. Что называется брусом и осью бруса? 2. Что собой представляют нагрузки (внешние силы)? 3. Что собой представляют внутренние силы? Как они определяются? 4. Из каких операций складывается метод сечений? 5. Какие внутренние усилия могут возникать в общем случае нагружения? 6. Что называется эпюрой внутреннего усилия и для чего она строится? 7. Что называется напряжением в точке? Единицы измерения напряжения. 8. Какое напряжение называется полным, нормальным, касательным? 9. Что называется деформацией? 10. Какие деформации называются упругими? Остаточными? Абсолютными? Относительными?

### Тема 2. Растяжение и сжатие

Центральное растяжение сжатие. Продольные силы и их эпюры.

Напряжения в поперечных сечениях бруса. Напряжения в наклонных сечениях. Закон Гука. Продольные и поперечные деформации бруса. Модуль упругости  $E$  и коэффициент Пуассона  $\nu$ . Удлинение (укорочение) бруса. Жесткость при растяжении и сжатии. Перемещения поперечных сечений бруса. Условие жесткости. Потенциальная энергия упругой деформации.

#### **Вопросы для самопроверки.**

1. Какое нагружение называется центральным растяжением? 2. Как строится эпюра продольных сил? 3. Записать формулу нормальных напряжений при растяжении. 4. В чём сущность гипотезы Бернулли? 5. Записать и сформулировать закон Гука. 6. Что называется модулем упругости? 7. Написать формулу для абсолютного удлинения. 8. Что такое относительное удлинение? 9. Что называется коэффициентом Пуассона? 10. Сформулировать закон парности касательных напряжений. 11. Записать условие жёсткости при растяжении.

#### **Тема 3. Механические свойства материалов при растяжении и сжатии**

Опытное изучение механических свойств материалов. Диаграммы растяжения и сжатия пластичных материалов ( $F - \Delta l$ ;  $\varepsilon - \sigma$ ). Основные механические характеристики материала: предел пропорциональности, предел упругости, предел текучести и предел прочности (временное сопротивление). Особенности деформирования и разрушения пластичных материалов. Разгрузка и повторное нагружение. Наклёп. Характеристики пластичности материала. Понятие об истинной диаграмме.

Диаграммы растяжения и сжатия хрупких материалов. Основные механические характеристики хрупких материалов. Особенности разрушения хрупких материалов при растяжении и сжатии.

Влияние различных факторов на механические характеристики материалов. Понятие о ползучести и релаксации.

#### **Вопросы для самопроверки.**

1. Как строится диаграмма растяжения? 2. Перечислите основные характеристики прочности. 3. Что называется пределом прочности? Пределом упругости? Пределом текучести? 4. Перечислите характеристики упругости и пластичности. 5. В чём состоит различие между пластичными и хрупкими материалами? 6. Что такое наклёп?

#### **Тема 4. Расчёты на прочность**

Основные задачи расчетов на прочность. Метод расчёта по допускаемым напряжениям. Коэффициент запаса прочности. Условие прочности и три вида расчётов на прочность. Метод расчёта по предельным состояниям. СНИП. Две группы предельных состояний. Нормативные и расчётные нагрузки. Нормативное и расчётное сопротивление материалов. Условие прочности при растяжении и сжатии и расчёты на прочность.

#### **Вопросы для самопроверки**

1. Что называется прочностью? 2. Основные задачи расчётов на прочность. 3. Какие напряжения называются опасными? Какие допустимыми? 4. Что такое коэффициент запаса прочности и от чего он зависит? 5. Как формулируется

условие прочности по допускаемым напряжениям? 6. Какой метод применяется для расчёта на прочность строительных конструкций? 7. Какое состояние конструкций называют предельным? 8. Две группы предельных состояний? 9. Что такое СНиП? 10. Какие нагрузки называют нормативными? Какие расчётными? 11. От каких нагрузок ведётся расчёт на прочность? От каких на жёсткость? 12. Как называются коэффициенты  $\gamma_f, \gamma_m, \gamma_c$ ? Что они учитывают? 13. Запишите условие прочности по предельным состояниям при растяжении. 14. Какие типы задач можно решать с помощью этого условия?

### **Тема 5. Геометрические характеристики плоских сечений**

Площадь, статические моменты и центр тяжести сечения. Осевой, полярный и центробежный момент инерции. Осевые моменты инерции прямоугольника, треугольника, круга. Зависимость между моментами инерции для параллельных осей. Изменение осевых и центробежного моментов инерции при повороте осей. Главные оси и главные моменты инерции. Вычисление моментов инерции сложных сечений. Прокатные профили. Сортамент.

#### **Вопросы для самопроверки.**

1. Что такое статический момент площади? 2. По каким формулам находят координаты центра тяжести плоской фигуры. 3. Какие оси называются центральными. 4. Что называется осевым, полярным и центробежным моментами инерции? Какой из них может быть отрицательным? 5. Чему равны моменты инерции для прямоугольного и круглого сечений относительно центральных осей? 6. Как изменяются моменты инерции при параллельном переносе осей? 7. Какие оси называются главными? Главными центральными? 8. Для каких фигур можно без вычислений установить положение главных центральных осей? 9. По какой формуле определяются главные моменты инерции? Угол наклона этих осей?

### **Тема 6. Прямой изгиб бруса**

Изгиб прямого бруса. Виды изгиба. Опоры и опорные реакции. Внутренние усилия в поперечных сечениях бруса при изгибе: изгибающие моменты и поперечные силы. Дифференциальные зависимости между изгибающим моментом, поперечной силой и интенсивностью распределённой нагрузки. Эпюры изгибающих моментов и поперечных сил.

Чистый изгиб. Основные допущения. Формула и эпюра нормальных напряжений. Осевой момент сопротивления сечения. Условие прочности по нормальным напряжениям и расчёты на прочность. Рациональное сечение балок. Поперечный изгиб. Формула Журавского для касательных напряжений. Расчёты на прочность при поперечном изгибе.

Определение перемещений (прогибов и углов поворота) при изгибе. Дифференциальное уравнение оси изогнутого бруса и его интегрирование. Граничные условия. Метод начальных параметров. Расчёты балок на жёсткость.

#### **Вопросы для самопроверки.**

1. Что такое чистый изгиб? Поперечный изгиб? 2. Какие типы опор используют для закрепления балок? 3. Каков порядок построения эпюр изгибающих моментом  $M$  и поперечных сил  $Q$ ? 4. Какая существует зависимость между величинами  $M$  и  $Q$ ? 5. Как находят максимальный изгибающий момент? 6. В

чём сущность гипотезы плоских сечений? 7. Какая ось называется нейтральной? 8. По каким формулам определяются нормальные и касательные напряжения? 9. Как изменяются по высоте сечения нормальные напряжения? Касательные напряжения? 10. Что называется напряжением? Касательным напряжением? 11. Что называется моментом сопротивления при изгибе? 12. Как пишется дифференциальное уравнение изогнутой оси балки? 13. Каков порядок определения прогиба методом начальных параметров. 14. Что такое начальные параметры? 15. Условие жёсткости при изгибе.

### **Тема 7. Сдвиг**

Чистый сдвиг. Закон Гука при сдвиге. Напряжение и деформация при сдвиге. Модуль сдвига  $G$ . Понятие о срезе и смятии. Понятие о расчёте на прочность заклёпочных соединений.

#### **Вопросы для самопроверки**

1. Какой вид нагружения называется сдвигом? 2. Изобразите элемент в состоянии чистого сдвига. Как изменятся напряжения, если элемент повернуть на 45 градусов? 3. Что называется абсолютным и относительным сдвигом? 4. Как формируется закон Гука при сдвиге? 5. Какие разрушения возможны для заклёпочного соединения? 6. Запишите условие прочности на срез и смятие.

### **Тема 8. Кручение**

Кручение бруса круглого поперечного сечения. Построение эпюр крутящих моментов. Напряжения в поперечных сечениях вала. Полярный момент сопротивления поперечного сечения. Расчёты вала на прочность и жёсткость. Анализ напряженного состояния и разрушения при кручении.

#### **Вопросы для самопроверки**

1. Что такое кручение? 2. Какие напряжения возникают в поперечном сечении круглого стержня при кручении? 3. Как находят их величину в произвольной точке поперечного сечения? 4. Что называется моментом сопротивления при кручении? 5. Чему равен момент сопротивления кольцевого сечения? Почему нельзя сказать, что он равен разности моментов сопротивления наружного и внутреннего кругов? 6. Как находят угол закручивания? 7. Как производят расчёт вала на прочность? На жёсткость? 8. Возникают ли при кручении нормальные напряжения?