Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»

Кафедра механики и машиностроения

УТВЕРЖДАЮ
Директор института передовых инженерных технологий
_____ И.Ю. Кольчурина
подпись
«____» _____ 20___ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Сопротивление материалов

23.03.01 «Технология транспортных процессов»
(направленность (профиль): «Организация перевозок и управление на автомобильном транспорте»)

Квалификация выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Заочная форма

Срок обучения: 4 года 6 месяцев

Год начала подготовки 2025

Новокузнецк
2025

СибГИУ
Подлинник электронного документа хранится в системе электронного согласования документов СибГИУ
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭП
Сертификат: c7fcee22ea712e8a9d62ca0595e78e8dabbfaa85
Владелец: Директор ИПИТ Кольчурина Ирина Юрьевна
Действителен: с 4 июня 2025 г. по 26 августа 2026 г.
Дата и время: 11-07-2025 06:49:33 ПРОВЕРИТЬ ПОДПИСЬ

1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Целями учебной дисциплины являются:

– – подготовка бакалавра, обладающего необходимыми знаниями и представлениями в области расчетов элементов конструкций, выполненных из различных материалов, на прочность, жесткость и устойчивость при различных внешних воздействиях.

Задачами учебной дисциплины являются:

– – сформировать фундаментальные знания о природе прочности, видах напряженно-деформированного состояния, показать рациональные практические способы расчетов типовых деталей на прочность, жесткость и устойчивость при действии статических и динамических нагрузок.

2 Место учебной дисциплины в структуре ООП по направлению подготовки (специальности)

Учебная дисциплина относится к учебным дисциплинам обязательной части **Блока 1 «Дисциплины (модули)»** ООП по направлению подготовки (специальности) 23.03.01 «Технология транспортных процессов».

Учебная дисциплина базируется на предварительном усвоении обучающимися учебных дисциплин:

– Физика;
– Математика.

Учебная дисциплина дополняет знания и умения, получаемые по одновременно изучаемым и последующим учебным дисциплинам:

– Основы теории надежности;
– Технические средства обеспечения безопасности на автомобильном транспорте;
– Теоретическая механика.

3 Планируемые результаты обучения по учебной дисциплине

Процесс изучения учебной дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– Общепрофессиональные компетенции

Наименование категории (группы) ОПК	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК	Планируемые результаты обучения
	ОПК-1: Способен применять естественнонаучные и общеинженерные	ОПК-1.2 Использует естественнонаучные и общеинженерные знания, необходимые	– знать: основные зависимости механических напряжений от

	знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	для решения стандартных задач профессиональной деятельности	деформаций при различных видах нагружения конструкций, мето-ды и способы расчета на прочность, жесткость, устойчивость элементов конструкций .. – уметь: составлять расчетные схемы и математические модели исследуемых объектов, выбирать их оптимальные параметры; определять внутренние усилия и оценивать прочность и жест-кость элементов конструкций..

4 Объем и содержание учебной дисциплины

Учебные занятия по учебной дисциплине проводятся в форме контактной работы и в форме самостоятельной работы обучающихся.

Контактная работа включает в себя занятия лекционного типа (лекции), занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы), промежуточную аттестацию обучающихся и иные формы взаимодействия обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации ООП на иных условиях, в том числе при проведении промежуточной аттестации обучающихся. Контактная работа может проводиться с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

Объем учебной дисциплины

Сессия / курс		***ИТОГО***	***2 сессия / 2 курс***	***3 сессия / 2 курс***
Форма промежуточной аттестации				*экзамен*
Трудоёмкость	*академ. час.*	***144***	*36*	*108*
	зачетных единиц	***4***	*1*	*3*
Лекции, *академ. час.*		***2***	*2*	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*	*0*
Лабораторные работы, *академ. час.*		***0***	*0*	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*	*0*
Практические занятия, *академ. час.*		***4***	*0*	*4*
в форме практической подготовки		***0***	*0*	*0*

Курсовая работа / проект, *академ. час.*	***0***	*0*	*0*
в форме практической подготовки	***0***	*0*	*0*
Консультации, *академ. час.*	***0***	*0*	*0*
в форме практической подготовки	***0***	*0*	*0*
Самостоятельная работа, *академ. час.*	***129***	*34*	*95*
в форме практической подготовки	***0***	*0*	*0*
Контроль, *академ. час.*	***9***	*0*	*9*
в форме практической подготовки	***0***	*0*	*0*

Содержание учебной дисциплины

Раздел 1 Введение. Основные понятия (Задачи курса «Сопротивление материалов» и связь с другими дисциплинами. Метод сечений. Напряжения и деформации. Закон Гука. Расчеты на прочность);

Раздел 2 Центральное растяжение и сжатие стержней (Расчет элементов конструкций работающих на растяжение-сжатие);

Раздел 3 Геометрические характеристики поперечных сечений (Статический момент сечения. Осевые и полярный моменты инерции. Центробежный момент инерции. Зависимость между моментами инерции относительно параллельных осей. Моменты инерции простейших фигур);

Раздел 4 Двухосное напряженное состояние (Главные напряжения и главные площадки. Одноосное напряженное состояние. Плоское напряженное состояние. Частные случаи. Закон парности касательных напряжений. Определение главных напряжений и положения главных площадок. Обобщенный закон Гука);

Раздел 5 Сдвиг (Чистый сдвиг как частный случай напряженного состояния в точке и сдвиг (срез) как простой вид деформации стержня. Практический расчет заклепочных, болтовых и сварных соединений, работающих на сдвиг. Закон Гука при сдвиге. Модуль упругости второго рода);

Раздел 6 Кручение стержня круглого сечения (Крутящий момент, напряжения, углы закручивания. Расчет на прочность и жесткость);

Раздел 7 Прямой поперечный изгиб (Расчет элементов конструкций работающих на изгиб);

Раздел 8 Сложное сопротивление (Совместное действие изгиба и кручения);

Раздел 9 Устойчивость сжатых стержней (Понятие об устойчивости. Критическая сила. Формула Эйлера. Условие устойчивости. Подбор сечения)).

5 Перечень тем лекций

№ раздела / темы дисциплины	Темы лекций	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	в форме

			практической подготовки
Раздел 1.	Введение. Основные понятия	0.2	
Раздел 2.	Центральное растяжение и сжатие стержней	0.2	
Раздел 3.	Геометрические характеристики поперечных сечений	0.2	
Раздел 4.	Двухосное напряженное состояние	0.2	
Раздел 5.	Сдвиг	0.2	
Раздел 6.	Кручение стержня круглого сечения	0.2	
Раздел 7.	Прямой поперечный изгиб	0.4	
Раздел 8.	Сложное сопротивление	0.2	
Раздел 9.	Устойчивость сжатых стержней	0.2	
Итого:		**2**	**0**

6 Перечень тем практических занятий (семинаров)

№ раздела / темы дисциплины	Темы практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	в форме практической подготовки
Раздел 3.	Расчет геометрических характеристик сложных профилей	1.0	
Раздел 7.	Расчет статически определимых консольных и двухопорных балок на изгиб	1.5	
Раздел 8.	Расчет валов на совместное действие изгиба и кручения	1.5	
Итого:		**4**	**0**

7 Перечень тем лабораторных работ

№ раздела / темы дисциплины	Темы лабораторных работ	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	в форме практической подготовки
	Отсутствуют		
Итого:		**0**	**0**

8 Перечень тем курсовых работ (проектов)

№ раздела / темы	Темы курсовых работ	Трудоемкость, *академ.час*

дисциплины	(проектов)	всего	в форме практической подготовки
	Отсутствуют		
Итого:		**0**	**0**

9 Виды самостоятельной работы

№ раздела / темы дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	в форме практической подготовки
Раздел 1.	1. Изучение лекционного материала; 2. Прохождение тестирования.	10	
Раздел 2.	1. Изучение лекционного материала; 2. Прохождение тестирования.	12	
Раздел 3.	1. Изучение лекционного материала; 2. Подготовка к практическому занятию; 3. Прохождение тестирования.	18	
Раздел 4.	1. Изучение лекционного материала; 2. Прохождение тестирования.	12	
Раздел 5.	1. Изучение лекционного материала; 2. Прохождение тестирования.	12	
Раздел 6.	1. Изучение лекционного материала; 2. Прохождение тестирования.	12	
Раздел 7.	1. Изучение лекционного материала; 2. Контрольная работа; 3. Подготовка к практическому занятию; 4. Прохождение тестирования.	24	
Раздел 8.	1. Изучение лекционного материала; 2. Подготовка к практическому занятию; 3. Прохождение тестирования.	17	
Раздел 9.	1. Изучение лекционного	12	

	материала; 2. Прохождение тестирования.		
Контроль	*Подготовка к экзамену*	9	
Итого:		**138**	**0**

10 Матрица компетентностных задач по учебной дисциплине

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Контролируемые компетенции	Оценочные средства
Раздел 1.	ОПК-1	1. Вопросы для устного обсуждения (опроса); 2. Тестовые задания
Раздел 2.	ОПК-1	1. Вопросы для устного обсуждения (опроса); 2. Тестовые задания
Раздел 3.	ОПК-1	1. Вопросы для устного обсуждения (опроса); 2. Наблюдение за работой на практическом занятии; 3. Тестовые задания
Раздел 4.	ОПК-1	1. Вопросы для устного обсуждения (опроса); 2. Тестовые задания
Раздел 5.	ОПК-1	1. Вопросы для устного обсуждения (опроса); 2. Тестовые задания
Раздел 6.	ОПК-1	1. Вопросы для устного обсуждения (опроса); 2. Оценка участия в работе на лекционном занятии; 3. Тестовые задания
Раздел 7.	ОПК-1	1. Вопросы для устного обсуждения (опроса); 2. Контрольная работа; 3. Наблюдение за работой на практическом занятии; 4. Тестовые задания
Раздел 8.	ОПК-1	1. Вопросы для устного обсуждения (опроса); 2. Наблюдение за работой на практическом занятии; 3. Тестовые задания
Раздел 9.	ОПК-1	1. Вопросы для устного обсуждения (опроса); 2. Тестовые задания
Экзамен.	ОПК-1	1. Задачи к экзамену

11 Входной контроль

11.1 Цель входного контроля – определить начальный уровень подготовленности обучающихся и выстроить индивидуальную траекторию обучения. В условиях личностно-ориентированной образовательной среды результаты входного оценивания обучающегося используются как начальные значения в индивидуальном профиле академической успешности обучающегося.

11.2 Описание оценочных средств

Форма проведения входного контроля – индивидуальный или фронтальный устный опрос. В ходе проведения входного контроля обучающимся предлагается ответить на вопросы по материалу, изученному в процессе освоения ООП ВО.

Шкала оценивания устных ответов обучающихся

Критерии оценки:

– правильность ответа по содержанию задания (учитывается количество и характер ошибок при ответе);

– полнота и глубина ответа (учитывается количество усвоенных фактов, понятий и т.п.);

– сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала);

– логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться специальной терминологией);

– сопровождение ответа примерами (учитывается умение грамотно и с пользой применять фактический материал для подкрепления теоретического при устном ответе);

– рациональность использования времени, отведенного на ответ (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени).

Оценку «зачтено» получает обучающийся, если он при собеседовании обнаруживает знание и понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры, в том числе и самостоятельно составленные; при ответе на вопросы излагает материал последовательно и правильно, полно и аргументировано отвечает по содержанию задания; рационально использует время, отведенное на ответ.

Оценку «не зачтено» получает обучающийся, который не рационально использует время, отведенное на ответ; обнаруживает незнание ответа на соответствующий вопрос; допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающие их смысл; беспорядочно и неуверенно излагает материал. Оценка «не зачтено»

отмечает такие недостатки в подготовке обучающегося, которые требуют проведения дополнительных индивидуальных консультаций.

Вопросы для входного контроля знаний обучающихся приведены в приложении.

12 Текущий контроль

12.1 Текущий контроль знаний используется для оперативного и регулярного управления учебной деятельностью (в том числе самостоятельной) обучающихся. Данный вид контроля стимулирует у обучающихся стремление к систематической самостоятельной работе по изучению учебной дисциплины и позволяет оценить степень освоения изученного материала.

Текущий контроль успеваемости осуществляется в течение семестра, в ходе повседневной учебной работы по индивидуальной инициативе педагогического работника, в том числе посредством использования СУО «Moodle».

Формы проведения текущего контроля – вопросы для устного обсуждения (опроса); контрольная работа; наблюдение за работой на практическом занятии; оценка участия в работе на лекционном занятии; тестовые задания.

12.2 Описание оценочных средств

Шкалы оценивания (методики оценки)

12.2.1 Рекомендации по оцениванию устных ответов обучающихся

С целью контроля и подготовки обучающихся к изучению новой темы в начале занятия лекционного типа (лекции) педагогическим работником проводится индивидуальный или фронтальный устный опрос по выполненным заданиям предыдущего раздела (темы).

Критерии оценки:

– правильность ответа по содержанию задания (учитывается количество и характер ошибок при ответе);

– полнота и глубина ответа (учитывается количество усвоенных фактов, понятий и т.п.);

– сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала);

– логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться специальной терминологией);

– рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели);

– своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается умение грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе);

– использование дополнительного материала (обязательное условие);

– рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени).

Оценка «отлично» ставится, если обучающийся:

– полно и аргументировано отвечает по содержанию задания;

– обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры, в том числе самостоятельно составленные;

– излагает материал последовательно и правильно.

Оценка «хорошо» ставится, если обучающийся дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для оценки «отлично», но допускает 1 – 2 ошибки, которые сам же исправляет.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если обучающийся обнаруживает знание и понимание основных положений данного задания, но:

– излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий или формулировке правил;

– не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры;

– излагает материал непоследовательно и допускает ошибки.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если обучающийся обнаруживает незнание ответа на соответствующее задание, допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающие их смысл, беспорядочно и неуверенно излагает материал. Оценка «неудовлетворительно» отмечает такие недостатки в подготовке обучающегося, которые являются серьезным препятствием к успешному освоению последующего материала.

12.2.2 Рекомендации по оцениванию контрольной работы

Контрольная работа – это самостоятельная форма учебной деятельности обучающегося, которая осуществляется без непосредственного руководства и контроля со стороны педагогического работника, но по его поручению.

Критерии оценки:

– правильность ответа по содержанию задания (учитывается количество и характер ошибок при ответе);

– полнота и глубина ответа (учитывается количество усвоенных фактов, понятий и т.п.);

– сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала);

– логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный ответ, грамотно пользоваться специальной терминологией);

– рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели);

– использование при ответе требований нормативных документов, учебной литературы (обязательное условие);

– использование графических элементов с целью выделения особо значимой информации: таблиц, схем, рисунков и т.п.

Критерии оценки контрольной работы

Наименование параметра оценки	Оценка
Обучающийся выполнил задание в полном объёме; полно и аргументировано отвечает по содержанию задания; обнаруживает понимание материала; может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры, в том числе самостоятельно составленные; излагает материал последовательно и правильно.	отлично
Обучающийся выполнил задание, удовлетворяющее тем же требованиям, что и для оценки «отлично», но допускает несколько незначительных ошибок.	хорошо
Обучающийся обнаруживает знание и понимание основных положений задания, но излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий или формулировке ответа; не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести примеры; излагает материал непоследовательно и допускает ошибки.	удовлетворительно
Обучающийся обнаруживает незнание ответа на соответствующее задание, допускает ошибки в формулировке определений или ответа в целом, искажающие их смысл, беспорядочно и неуверенно излагает материал. Оценка «неудовлетворительно» отмечает такие недостатки в подготовке обучающегося, которые являются серьезным препятствием к успешному освоению последующего материала.	неудовлетворительно

12.2.3 Рекомендации по оцениванию результатов тестирования обучающихся

Тестирование проводится по изученным разделам (темам) учебной дисциплины для выявления уровня знаний и умений обучающегося, мотивирования обучающегося к активизации самостоятельной работы по усвоению учебного материала, выявления и устранения пробелов в

знаниях, повышения дисциплины и организации учебной деятельности обучающегося.

Тестирование проводится в СУО «Moodle» в рамках часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся. Для тестирования используется 20 вопросов из базы типовых тестовых заданий по изученным разделам (темам) учебной дисциплины. Обучающийся выбирает один ответ из предложенных вариантов ответа. В случае выбора неправильного ответа обучающийся получает за данный вопрос 0 баллов; в случае правильного ответа – 1 балл.

Оценка формируется в соответствии с критериями таблицы:

Максимальный балл	Проходной балл	Оценка
20	не менее 18	отлично
17	не менее 14	хорошо
13	не менее 10	удовлетворительно
9	–	неудовлетворительно

12.2.4 Рекомендации по оцениванию участия обучающихся в работе на лекционных занятиях

Формирование у обучающихся добросовестного и ответственного отношения к собственному профессиональному образованию проявляется в обязательном его присутствии на лекционном занятии.

На лекционных занятиях происходит формирование информационной компетентности обучающихся, в том числе способности фиксировать информацию с помощью конспектирования учебного материала. Преподаватель на лекционных занятиях акцентирует внимание обучающихся на том, как необходимо оформлять конспект лекций в тетради. По окончании лекционных занятий преподаватель осуществляет проверку тетрадей обучающихся и оценивает их.

Критерии оценки участия обучающихся в работе на лекционных занятиях

Наименование параметра оценки	Максимальное количество баллов за одно лекционное занятие
Наличие у обучающихся добросовестного и ответственного отношения к собственному профессиональному образованию, выраженное в посещении лекций	0,5
Умение конспектировать учебный материал в тетради, в том числе: - материал изложен последовательно,	0,5

четко и аккуратно - в конспекте имеются изученные темы, основные термины, схемы	
Всего	1

Если по результатам оценки участия обучающийся в лекционных занятиях в среднем за семестр обучающийся набрал не менее 0,5 баллов, то ему выставляется оценка «зачтено», менее 0,5 баллов – «не зачтено».

12.2.5 Рекомендации по оцениванию в процессе наблюдения за работой на практическом занятии

Наблюдение за работой на практическом занятии – важнейший компонент контроля деятельности обучающихся и качества их обучения.

Критерии оценки в процессе наблюдения за работой на практическом занятии:

– самостоятельность выполнения задания и работы с методическими указаниями (учитывается работа в течение занятия, быстрота и способность нахождения в методических указаниях нужной информации);

– правильность выполнения работы (учитывается последовательность выполняемых действий, умение работать с инструментами и/или средствами вычислительной техники);

– рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения работы с учетом индивидуальных особенностей обучающихся);

– активность обучающегося при выполнении практической работы (учитывается индивидуальная работа и работа в группе).

Критерии оценки по результатам наблюдения за работой на практическом занятии

Наименование параметра оценки	Максимальное количество баллов
Самостоятельно выполняет задания; умеет работать с методическими указаниями.	2,5
Указанные в методических указаниях действия выполняет в правильной последовательности; умеет работать с инструментами и/или средствами вычислительной техники.	1,25
Рационально использует время, отведенное на задание; проявляет активность при выполнении практической работы.	1,25
Итого	**5**

Максимальное количество – 5 баллов соответствует оценке «отлично», 4 балла – «хорошо», 3 балла – «удовлетворительно», 2 балла – «неудовлетворительно».

Задания и вопросы для текущего контроля знаний обучающихся по разделам (темам) учебной дисциплины приведены в приложении.

13 Промежуточная аттестация

13.1 Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся по учебной дисциплине предназначены для оценки степени достижения запланированных результатов обучения по завершению изучения учебной дисциплины в установленной учебным планом форме и позволяют определить качество усвоения изученного материала.

Итоговой формой контроля сформированности компетенций у обучающихся по учебной дисциплине является: экзамен.

Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся включают: задачи к экзамену.

13.2 Оценивание обучающегося на экзамене

Оценка	Требования к знаниям
отлично	Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал различной литературы, правильно обосновывает принятое нестандартное решение, обладает приемами выполнения практических задач по формированию компетенций.
хорошо	Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, обладает необходимыми умениями и приемами их выполнения.
удовлетворительно	Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, испытывает сложности при выполнении практических работ и затрудняется связать теорию вопроса с практикой.
неудовлетворительно	Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, который не знает значительной части программного материала, неуверенно отвечает, допускает серьезные ошибки, не имеет представлений по методике выполнения практической работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по данной учебной дисциплине.

Задания и вопросы для промежуточной аттестации обучающихся приведены в приложении.

14 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

а) литература:

1 Кривошапко, С. Н. Сопротивление материалов : учебник и практикум для вузов / С. Н. Кривошапко. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 397 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00491-5. – URL: https://urait.ru/bcode/535708 (дата обращения: 20.03-2025);

2 Кривошапко, С. Н. Сопротивление материалов. Практикум : учебное пособие для вузов / С. Н. Кривошапко, В. А. Копнов. — 4-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 353 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-7117-0. – URL: https://urait.ru/bcode/536722 (дата обращения: 20.03-2025);

3 Атапин, В. Г. Сопротивление материалов : учебник и практикум для вузов / В. Г. Атапин. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 438 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-15962-2. – URL: https://urait.ru/bcode/536540 (дата обращения: 20.03-2025);

4 Атапин, В. Г. Сопротивление материалов. Сборник заданий с примерами их решений : учебное пособие для вузов / В. Г. Атапин. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 122 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-17691-9. – URL: https://urait.ru/bcode/533550 (дата обращения: 20.03-2025);

5 Валишвили, Н. В. Сопротивление материалов и конструкций : учебник для вузов / Н. В. Валишвили, С. С. Гаврюшин. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 429 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-8247-3. – URL: https://urait.ru/bcode/536795 (дата обращения: 20.03-2025);

6 Ахметзянов, М. Х. Сопротивление материалов : учебник для вузов / М. Х. Ахметзянов, И. Б. Лазарев. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 297 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08113-8. – URL: https://urait.ru/bcode/535602 (дата обращения: 20.03-2025).

б) ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1 Электронный каталог : сайт / Научно-техническая библиотека СибГИУ. – Новокузнецк, [199 –]. – URL: http://libr.sibsiu.ru. – URL: https://libr.sibsiu.ru;

2 Электронная библиотека // Научно-техническая библиотека СибГИУ : сайт. – Новокузнецк, [200 –]. – URL: http://library.sibsiu.ru/LibrELibraryFullText.asp. – Режим доступа: для

авторизир. пользователей. – URL: https://library.sibsiu.ru/LibrELibraryFullText.asp;

3 Консультант студента : электронно-библиотечная система / ООО «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА». – Москва, [200 –]. – URL: http://www.studentlibrary.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

4 ЛАНЬ : электронно-библиотечная система : [коллекция «Единая профессиональная база знаний для технических вузов - Издательство Лань" ЭБС»] / ООО «Издательство ЛАНЬ». – Санкт-Петербург, [200 –]. – URL: http://e.lanbook.com. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

5 Образовательная платформа ЮРАЙТ / ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ». – Москва, [200 –]. – URL: https://urait.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

6 Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система / ООО «Директ-Медиа». – Москва, [200 –]. – URL: https://biblioclub.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей. – URL: http://www.biblioclub.ru;

7 НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА eLIBRARY.RU : база данных / ООО «НЭБ». – Москва, [200 –]. – URL: http://elibrary.ru. – Режим доступа: по подписке;

8 Электронные периодические издания ИВИС : универсальная база данных / ООО «ИВИС». – Москва, [200 –]. – URL: http://eivis.ru. – Режим доступа: по подписке.

в) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– 7-Zip;
– Adobe Acrobat Reader;
– Astra Linux Special Edition;
– Kaspersky Endpoint Security;
– LibreOffice;
– Mathcad;
– Microsoft Office;
– Microsoft Windows;
– OnlyOffice;
– WinRAR;
– КОМПАС-3D;
– Р7-Офис.

г) базы данных и информационно-справочные системы:

1 ГАРАНТ : справочно-правовая система / ООО «Правовой центр «Гарант». – Кемерово, [200 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.;

2 КонсультантПлюс : справочно-правовая система / ООО «Информационный центр АНВИК». – Новокузнецк, [199 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть библиотеки Сиб. гос. индустр. ун-та.;

3 Техэксперт : информационно-справочная система / ООО «Группа компаний «Кодекс». – Кемерово, [200 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.

15 Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины включает учебные аудитории, оснащенные оборудованием, компьютерной техникой, и техническими средствами обучения, в том числе:
- учебную аудиторию для проведения занятий лекционного типа, оборудованную учебной доской, экраном и мультимедийным проектором;
- учебную аудиторию для проведения занятий семинарского типа (практических занятий),
- учебную аудиторию (помещения) для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду, научно-техническую библиотеку СибГИУ.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) 23.03.01 «Технология транспортных процессов».

Составитель(и):

доцент Горелов Валерий Николаевич (кафедра механики и машиностроения).

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и утверждена на заседании кафедры.

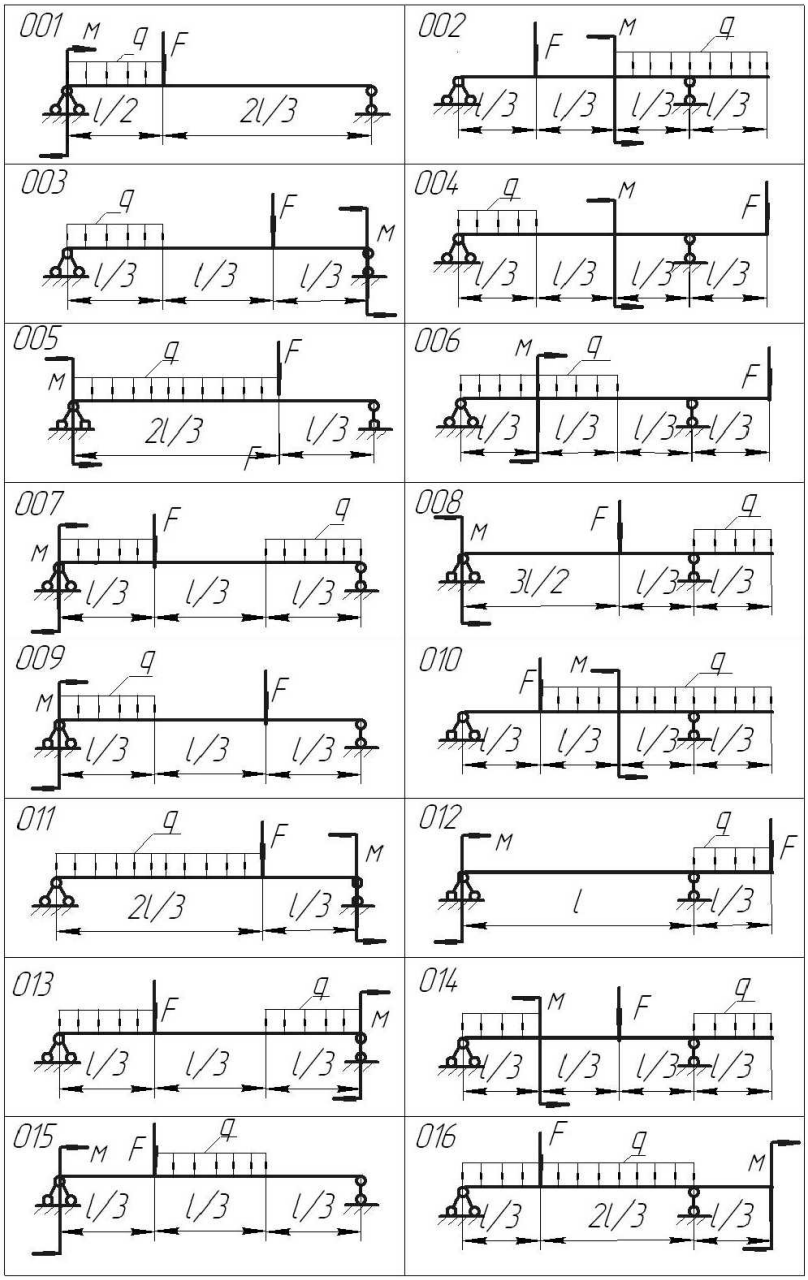
Согласована:

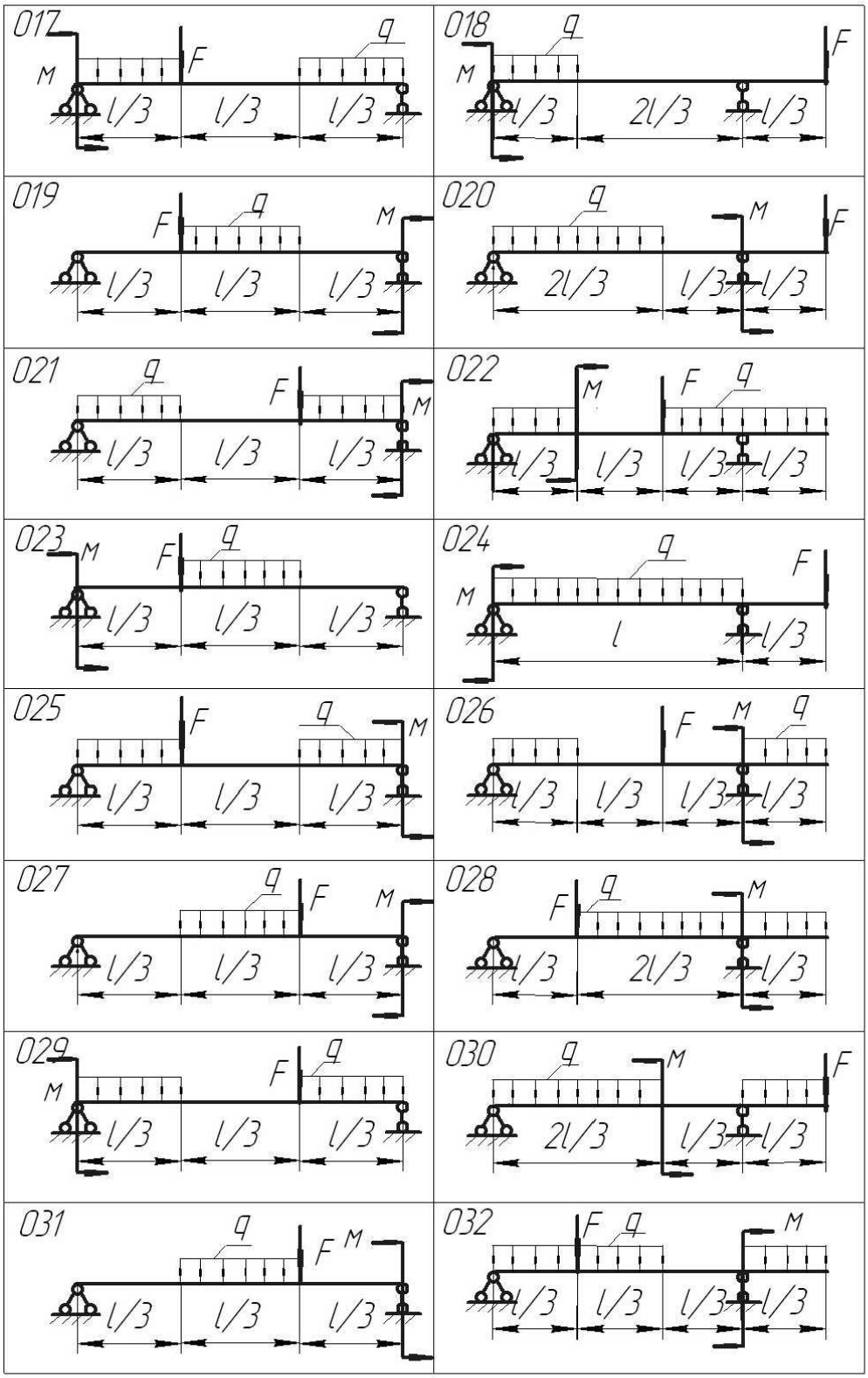
Начальник конструкторского отдела
ООО «СпецСвязь Оборудование» к. т. н.  В.В. Гаряшин

Приложение

Задания для входного контроля знаний обучающихся

Определить опорные реакции в двухопорной балке




017
M
F
q
l/3
l/3
l/3
018
M
q
F
l/3
2l/3
l/3
019
F
q
M
l/3
l/3
l/3
020
q
M
F
2l/3
l/3
l/3
021
q
F
M
l/3
l/3
l/3
022
M
F
q
l/3
l/3
l/3
l/3
023
M
F
q
l/3
l/3
l/3
024
q
F
M
l
l/3
025
F
q
M
l/3
l/3
l/3
026
F
M
q
l/3
l/3
l/3
l/3
027
q
F
M
l/3
l/3
l/3
028
F
q
M
l/3
2l/3
l/3
029
M
F
q
l/3
l/3
l/3
030
q
M
F
2l/3
l/3
l/3
031
q
F
M
l/3
l/3
l/3
032
F
q
M
l/3
l/3
l/3
l/3

Задания и вопросы для текущего контроля знаний обучающихся по разделам (темам) учебной дисциплины

Раздел 1 Введение.

1.1 Устный опрос на лекции

Примеры вопросов к устному опросу:

1. Что называется прочностью. жесткостью и устойчивостью элементов конструкций?
2. Что такое абсолютная и относительная деформации?
3. Что такое напряжение?
4. Виды напряжений?
5. Сформулируйте закон Гука?
6. Что характеризует модуль упругости материалов ?
7. В чем заключается метод сечений?
8. Вид деформаций в стержнях?
9. Какое напряжение действует в поперечном сечении стержня?
10. Как определить степень статической неопределимости системы?

Раздел 2 Центральное растяжение и сжатие стержней

1 Устный опрос на лекции

Примеры вопросов для устного опроса:

1. Что называется стержнем?
2. Какой вид нагружения стержня называются осевым растяжением (сжатием)?
3. Какие внутренние силовые факторы возникают в сечении бруса при растяжении и сжатии?
4. Дайте определение эпюры внутреннего силового фактора.
5. Что называют нормальной силой?
6. Что представляет собой эпюра продольных сил и как она строится?
7. Как распределены нормальные напряжения σx в поперечных сечениях центрального растянутого бруса и чему они равны?
8. В каких сечениях растянутого бруса возникают наибольшие нормальные напряжения?
9. Что называется жесткостью поперечного сечения при растяжении?
10. Как формулируется закон Гука? Запишите формулы абсолютной и относительной продольной деформации бруса?
11. Как записывается условие прочности бруса при растяжении (сжатии)? Какие виды задач решаются с помощью условия прочности?
12. Вывести формулу определения нормальных напряжений при растяжении-сжатии.
13. Сформулируйте цель и опишите методику испытания на растяжение стального образца

14. Диаграммы деформирования образцов из пластичных материалов: первичная, условная и истинная
15. Опишите характерные участки условной диаграммы деформирования пластичного материала на растяжение и сжатие
16. Опишите характерные участки условной диаграммы деформирования хрупкого материала на растяжение и сжатие
17. Укажите характерные точки на условной диаграмме растяжения пластичного материала

Раздел 3 Геометрические характеристики поперечных сечений

1 Устный опрос на лекции

Примеры вопросов для устного опроса:

1. Что такое S_x, J_x, J_p, J_{xy} и их единицы измерения?
2. Чему равен статический момент сечения относительно оси, проходящей через центр его тяжести?
3. Как определяются координаты центра тяжести сложного сечения?
4. Как записываются формулы перехода для моментов инерции при параллельном переносе осей?
5. Чему равна сумма осевых моментов инерции сечения относительно двух взаимно перпендикулярных осей?
6. Формулы для определения осевых моментов инерции относительно центральных осей круга, прямоугольника, кольца?
7. Чему равны полярные моменты инерции круга и кольца относительно их центров?
8. Если в плоскости сечения несколько параллельных осей, относительно какой из них J_x равен минимальному значению?
9. Изменяется ли сумма осевых моментов инерции относительно двух взаимно перпендикулярных осей при их повороте?
10. Как отражается на знаке центробежного момента инерции сечения расположение уголка по квадрантам координатных осей?
11. Что такое главные моменты инерции?
12. Какие оси называются главными и главными центральными осями инерции?
13. Чему равен J_{xy} относительно главных осей инерции?
14. В каких случаях без вычисления можно установить положение главных осей инерции сечения?
15. Если $J_x = J_y$ и $J_{xy} = 0$, то какие оси сечения являются главными?

Раздел 4 Двухосное напряженное состояние

1 Устный опрос на лекции

Примеры вопросов для устного опроса:

1. Что понимается под напряженным состоянием в точке твердого тела, если оно нагружено внешними силами?
2. Какие напряжения называются главными?
3. Чем характеризуется и как изображается напряженное состояние в точке?
4. Какие площадки и какие напряжения называют главными?
5. Чем характеризуется деформированное состояние в точке?
6. Сколькими параметрами определяется плоское напряженное состояние точки? Назовите эти параметры?
7. Сформулируйте закон парности касательных напряжений?
8. Какие существуют типы напряженного состояния в точке тела, чем они отличаются?
9. Что понимается под линейным напряженным состоянием?
10. Что понимается под плоским напряженным состоянием?
11. Соотношение между главными напряжениями.

Раздел 5 Сдвиг

1 Устный опрос на лекции
Примеры вопросов для устного опроса:

1. Как формулируется закон Гука при сдвиге?
2. Какой случай плоского напряженного состояния называется чистым сдвигом?
3. Что представляет собой деформация сдвига?
4. Как обозначается деформация при сдвиге?
5. Укажите единицы измерения напряжений сдвига и смятия и модуля упругости.
6. Какой вид напряженного состояния называют чистым сдвигом?
7. Что понимается под абсолютным сдвигом?
8. Определите понятие относительного сдвига?
9. Как записывается условие прочности при сдвиге?
10. Какие внутренние силовые факторы возникают при сдвиге?
11.Что такое срез?
12. Опишите процесс разрушения при срезе?

Раздел 6 Кручение стержня круглого сечения

1 Устный опрос на лекции
Примеры вопросов для устного опроса:

1. Какой вид нагружения называется кручением?
2. При каком нагружении возникает кручение бруса (вала)?
3. Какой силовой фактор вызывает закручивание бруса?
4. Что такое крутящий момент?

5. Когда в брусе возникают деформации кручения?
6. Как определяют величину крутящего момента, действующего в сечении?
7. Как строятся эпюры крутящих моментов?
8. Как определяют угол закручивания на участке вала?
9. Что называют относительным углом закручивания θ (или кривизной кручения kt)?
10. Какие напряжения возникают в поперечном сечении круглого вала при кручении и как они направлены?
11. Какое напряженное состояние возникает в каждой точке вала круглого сечения при кручении?
12. Что называется жесткостью сечения при кручении?
13. Чем объясняется, что вал кольцевого сечения при кручении экономичнее вала сплошного сечения?
14. Как выполняют расчет вала на прочность?
15. Какие деформации возникают при кручении?
16. Какие гипотезы выполняются при деформации кручения?
17. Записать условие прочности при кручении.

Раздел 7 Прямой поперечный изгиб

1 Устный опрос на лекции
Примеры вопросов для устного опроса:

1. Что называется балкой?
2. Какой вид нагружения называется изгибом?
3. Какой изгиб называется чистым, поперечным?
4. Какую плоскость называют силовой?
5. Что понимается под волокнами бруса? В чем сущность гипотезы плоских сечений и допущения о ненадавливании волокон друг на друга?
6. Что такое нейтральная линия, силовая линия?
7. Какие внутренние усилия возникают в поперечных сечениях балки в общем случае действия на неё плоской системы сил?
8. Как формулируется гипотеза плоских сечений?
9. Что представляет собой нейтральный слой и нейтральная ось?
10. Докажите, что при прямом изгибе нейтральная линия является центральной главной осью поперечного сечения бруса?
11. Какие силовые факторы возникают в сечении балки при чистом изгибе?
12. Какие силовые факторы возникают в сечении при поперечном изгибе?

13. Что такое изгибающий момент (Mx)? Выразите Mx через напряжения в рассматриваемом сечении? Как определяется Mx через внешние силы?
14. Что такое поперечная сила (Qy)? Как определяется Qy через внешние силы?
15. Какие виды нагрузок могут действовать на балку?
16. Какие виды опор встречаются при расчете балок? Чем они отличаются?
17. Какое правило законов для определения поперечной силы используется?
18. Каково правило законов для определения изгибающего момента используется?
19. Как вычисляется изгибающий момент в поперечном сечении балки?
20. Как вычисляются поперечная и продольная силы в поперечном сечении балки?
21. Как определить значение поперечной силы и изгибающего момента в произвольном сечении балки?
22. Как определить знаки поперечной силы и изгибающего момента?
23. Для чего строят эпюры внутренних силовых факторов?
24. Как можно контролировать построение эпюр поперечных сил Q и изгибающих моментов M?

25. По какой формуле определяются нормальные напряжения в поперечном сечении балки при чистом изгибе и как они изменяются по высоте балки?
26. Что называется моментом сопротивления при изгибе и какова его размерность?
27. Как распределены нормальные напряжения по сечению балки при изгибе?
28. Как записывается условие прочности по нормальным напряжениям при изгибе?
29. Какой параметр в условии прочности используется для определения размеров сечения?
30. По какой формуле определяются касательные напряжения при поперечном изгибе? Как распределены эти напряжения по сечению?

Раздел 8 Сложное сопротивление

1 Устный опрос на лекции

Примеры вопросов для устного опроса:

1. Каково назначение теорий прочности? Что называют опасным состоянием материала, опасной точкой?

2. Почему прочность материала, находящегося в любом напряжённом состоянии, оценивают на основе экспериментальных данных для одноосного напряжённого состояния?
3. В чём сущность первой (теория наибольших нормальных напряжений), второй (теория наибольших относительных удлинений), третьей (теория наибольших касательных напряжений), четвёртой (энергетической) теорий прочности и теории прочности Мора?
4. Как записывается условие прочности по этим теориям?
5. Что называется предельным состоянием материала?
6. Какими напряжениями характеризуется наступление опасного состояния для пластичных и для хрупких материалов?
7. Что называется эквивалентным напряжением?

Раздел 9 Устойчивость сжатых стержней.

1 Устный опрос по теме лекции
Примеры вопросов для устного опроса:

1. Опишите явление потери устойчивости.
2. Чем опасна потеря устойчивости?
3. Причины потери устойчивости.
4. Что понимается под устойчивым и неустойчивым равновесием?
5. Какая механическая система называется устойчивой и неустойчивой?
6. Что означает выражение «сжатый стержень потерял устойчивость»?
7. Какие брусья следует рассчитывать на устойчивость?
8. Какая сила называется критической?
9. Почему в реальных конструкциях сжимающие стержень силы должны быть меньше критических?
10. Почему нельзя допускать потерю устойчивости элементов конструкций?
11. Как влияют условия закрепления стержня на величину критической силы?
12. Что понимается под запасом устойчивости?
13. Как записывается формула Эйлера?
14. Получите выражение критической силы по Эйлеру для центрально сжатых стержней?

3. Тестирование по результатам освоения лекционного материала и самостоятельной работы.
Тестирование проводится для определения степени усвоения материалов лекций, а также выполнения самостоятельной работы в рамках часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся, в СУО «Moodle».

3.1 Перечень вопросов для тестирования по **разделу 1**

1. Способность конструкции сопротивляться деформации называется:
   1) жесткостью;
   2) выносливостью;
   3) твердостью;
   4) устойчивостью;
   5) прочностью

2. Что является мерой интенсивности внутренних сил?
   1) главный момент;
   2) изгибающий момент;
   3) напряжение;
   4) главный вектор внутренних сил;
   5) критическая сила

3. Если свойства материала образца, выделенного из тела , не зависят от его угловой ориентации, то такой материал называется6
   1) однородным;
   2) изотропным;
   3) идеально- упругим;
   4) анизотропным.

4. Упругие деформации - это
   1) деформации, которые полностью исчезают после снятия нагрузки;
   2) деформации, которые частично остаются после снятия нагрузки;
   3) деформации, которые полностью остаются после снятия нагрузки.

5. Метод сечения – это……..тела на две части,
   1) рассечение;
   2) представление;
   3) уравновешивание.

6. ……- это физическая величина, характеризующая действие силы на единицу площади поперечного сечения телаю
   1) Продольная сила;
   2) Сила упругости;
   3) Механическое напряжение.

7. Полное механическое напряжение раскладывается на …….
   1) продольное и поперечное;
   2) нормальное и касательное;
   3) высокое и низкое.

8. Прочность конструкции – это….

1) способность противостоять коррозии;
2) способность элемента конструкции растягиваться или сжиматься;
3) способность конструкции противостоять внешней нагрузке, не разрушаясь.

9. Жесткость конструкции – это …….
1) свойство подвергаться технологической обработке;
2) способность конструкции сохранять свои формы и размеры при действии внешней нагрузки;
3) способность противостоять вибрациям.

10. Принцип независимости действия сил (суперпозиции) - это…...
1) если сложить все внешние силы, то получим равнодействующую;
2) результат действия нескольких силовых факторов равен сумме результатов от действия отдельных силовых факторов;
3) каждая сила действует независимо от других сил;
4) каждая сила из системы внешних сил нагружает волокна бруса независимо от других сил;
5) внешние силы действуют независимо, но нагружают волокна бруса совместно.

11. Сосредоточенной силой называют силу,
1) сосредоточенную на одном отдельном объекте;
2) приложенную к телу на малой площадке, условно принимаемой за точку;
3) приложенную к заданной точке бруса;
4) равнодействующую от действия нескольких сил.

12. Материал, у которого свойства по всем направлениям действия силы одинаковы, называют...
1) изотропным;
2) анизотропным;
3) однородным;
4) качественным;

13. Для наиболее наглядного представления о характере изменения внутренних силовых факторов при нагрузках на брус принято строить…
1) графики;
2) эпюры;
3) диаграммы;
4) фигуры.

14. Гипотеза плоских сечений предполагает, ...
1) что в местах приложения внешних нагрузок внутренние силы меняются скачкообразно;

2) что материал тела во всех точках обладает одинаковыми свойствами;
3) что материал тела обладает одинаковыми свойствами во всех направлениях;
4) что плоские поперечные сечения, проведенные в теле до деформации, остаются после деформации плоскими и нормальными к оси.

15. Утверждение, что напряжения и перемещения в сечениях, удаленных от места приложения внешних сил, не зависят от способа приложения нагрузки, называется…
1) принципом независимости действия сил;
2) гипотезой плоских сечений;
3) принципом начальных размеров;
4) принципом Сен-Венана.

16. Объект, освобожденный от особенностей, несущественных при решении данной задачи, называется…
1) реальной конструкцией;
2) расчетной схемой;
3) абсолютно твердым телом;
4) математической моделью.

. 17. Как называется способность тела сохранять первоначальную форму равновесия?
1) прочностью;
2) надежностью;
3) жесткостью;
4) упругостью;
5) устойчивостью.

18. Что является мерой интенсивности внутренних сил?
1) главный момент;
2) изгибающий момент;
3) напряжение;
4) главный вектор внутренних сил;
5) критическая сила.

19. Тело, один размер которого намного больше двух других размеров, называется:
1) стержнем;
2) пластиной;
3) оболочкой;
4) массивом.

20. Силы взаимодействия между частями рассматриваемого тела называются…
1) внешними;
2) объемными;
3) внутренними;
4) поверхностными.

3.2 Перечень вопросов для тестирования по **разделу 2**

1. Какой из внутренних силовых факторов возникает при осевом растяжении и сжатии?
1) Изгибающий момент.
2) Поперечная сила.
3) Продольная сила.
4) Крутящий момент.

2. Абсолютное удлинение (укорочение) Δ*l* при растяжении или сжатии силой *P* прямо пропорционально …
1) длине стержня *l*;
2) модулю упругости материала стержня *E*;
3) приложенной силе *P*;
4) площади поперечного сечения *F*;

3. Как изменится абсолютное удлинение стержня, если площадь его поперечного сечения увеличить в два раза?
1) увеличится в 4 раза;
2) увеличится в 2 раза;
3) уменьшится в 2 раза;
4) уменьшится в 4 раза;
5) нет правильных ответов.

4. Что связывает поперечную и продольную деформацию при растяжении (сжатии)?
1) модуль упругости;
2) модуль сдвига;
3) коэффициент Пуассона.

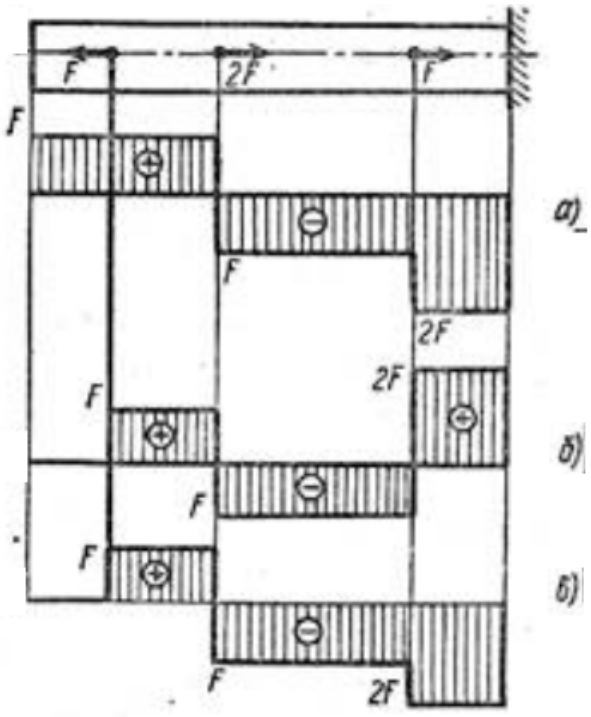
5. При расчетах на жесткость определяют:
1) гибкость стержня;
2) твердость материала;
3) линейные и угловые деформации.

6. Физический смысл модулей упругости состоит в том, что они характеризуют:

1) отношение продольной относительной деформации к поперечной;
2) относительное удлинение в упругой области;
3) сопротивляемость металлов смещению атомов из положений равновесия в решётке;
4) скорость уменьшения напряжения по мере упругой деформации;
5) обратную пропорциональность между напряжением и упругой деформацией.

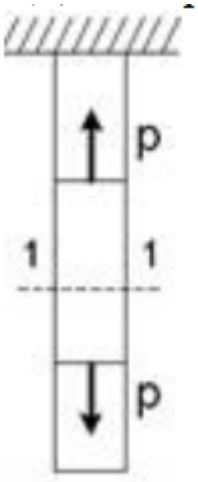
7. Как называется проекция главного вектора внутренних сил в поперечном сечении нагруженного бруса на его продольную ось?
1) нормальным напряжением;
2) продольной силой;
3) касательным напряжением;
4) критической силой;
5) поперечной силой

8. Какая из эпюр, приведенных на рисунке, соответствует заданной нагрузке стержня?



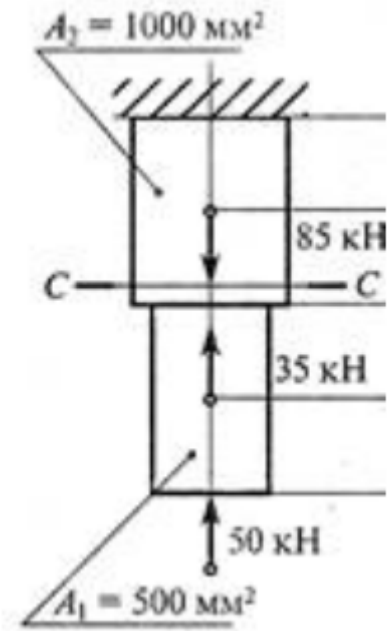
1) а;
2) б);
3) в).

9. Для стержня, схема которого изображена на рисунке, нормальное усилие *N*, действующее в сечении 1-1, будет...



1) растягивающим;
2) равно нулю;
3) сжимающим.

10. определить наибольшую продольную силу, возникшую в поперечном сечении:



1) 190 кН;
2) 50 кН;
3) 85 кН;
4) 35 кН.

11. Закон Гука при центральном растяжении и сжатии связывает между собой…

1) относительные продольную и поперечную деформации;

2) нормальные напряжения и продольную силу;

3) нормальные напряжения и относительную продольную деформацию;

4) нормальные напряжения и относительную поперечную деформацию.

12.Напряжения при осевом растяжении-сжатии определяются по зависимости:

1) $\tau = \frac{F}{A}$;

2) $\sigma = \frac{F}{A}$;

3) $\sigma = \frac{F}{EA}$;

4) $\tau = \frac{Fl}{EA}$.

13. Какая формула описывает закон Гука при растяжении-сжатии?

1) $\tau = G\gamma$;

2) $\sigma = E\varepsilon$;

3) $\varepsilon = \sigma E$;

4) $E = \sigma\varepsilon$.

14. Какие напряжения возникают в поперечном сечении при растяжении (сжатии)?

1) сжимающие,
2) касательные,
3) продольные,
4) нормальные,

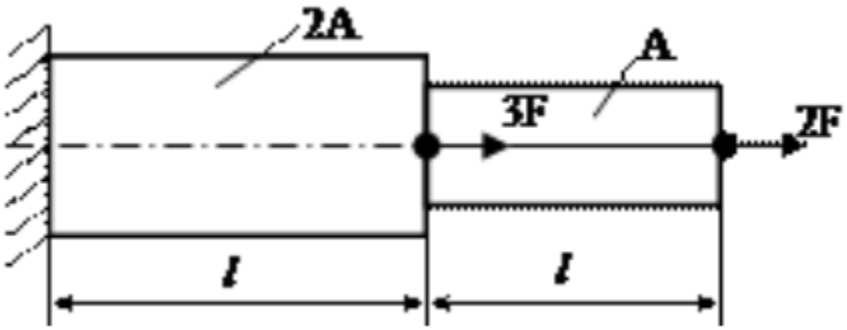
15. В каких сочетаниях растянутого бруса возникают наибольшие нормальные, и в каких наибольшие касательные напряжения?

1) наибольшие нормальные напряжения возникают в поперечных сечениях бруса. Наибольшие касательные возникают в сечениях под углом a=45°.

2) наибольшие нормальные напряжения возникают в сечениях под углом a=45°. Наибольшие касательные напряжения- в поперечных сечениях бруса.

3) Наибольшие нормальные напряжения возникают в сечениях бруса .

16. Определить допускаемое значение нагрузки [*F*] для стального бруса, если *A*=10 см², [σ] =160 МПа



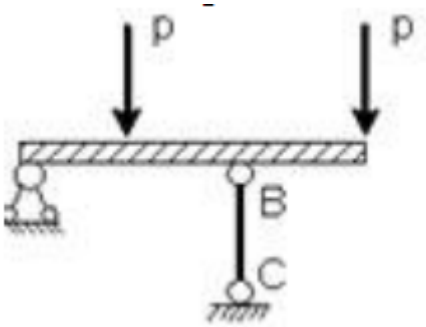
1) [F]=32 кН;

2) [F]=64 кН;

3) [F]=320 кН;

4) [F]=48 кН.

17. Выбрать условие, по которому проводят проверку на растяжение-сдатие:



1) $\sigma = \sigma_T$;

2) $\sigma > [\sigma]$;

3) $\sigma \leq \sigma_{пц}$;

4) $\sigma \leq [\sigma]$

18. Как называется напряжение, соответствующее максимальной силе?
1) предел прочности (временное сопротивление);
2) предел упругости;
3) предел пропорциональности;
4) предел текучести.

19. Первоначальная длина стержня равна *l*. После приложения растягивающей силы длина стержня стала l_1. Величина ***Δl*** называется…
1) абсолютным удлинением;
2) средним удлинением;
3) напряжением;
4) абсолютным укорочением в направлении оси *x*.

20. Для какого напряжения справедлив закон Гука?
1) предела прочности;
2) предела упругости;
3) предела текучести;
4) пределв пропорциональности.

3.3 Перечень вопросов для тестирования по **разделу 3**

1. Статический момент площади фигуры относительно оси равен произведению площади фигуры...
1) на квадрат расстояния от центра тяжести до оси;
2) на радиус инерции этой фигуры;
3) на осевой момент инерции этой фигуры;
4) на расстояние от ее центра тяжести до этой оси.

2. Ось, относительно которой статический момент площади сечения равен нулю, называется…
1) осью симметрии;
2) центральной;
3) средней линией контура;
4) нейтральной линией.

3. Статический момент площади фигуры относительно оси *x* определяется интегралом

1) $\int_A ydA$;

2) $\int_A xdA$;

3) $\int_A xydA$;

4) $\int_A y^2 dA$.

4. По какой формуле определяется осевой момент инерции сечения относительно оси x?

1) $S_x = \int_A ydA$

2) $J_x = \int_A y^2 dA$

3) $J_{xy} = \int_A xydA$

4) $J_x = \int_A y^2 dA$

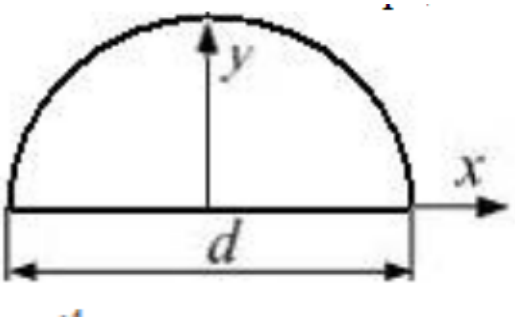
5. Определить статический момент данного прямоугольника относительно оси ***X*** :

Ввести числовое значение……

6. Главные оси инерции (вставить нужное)…….

- можно провести только через точки, лежащие на оси симметрии;
- можно провести только через центр тяжести плоской фигуры;
- это оси, относительно которых моменты инерции плоской фигуры равны нулю;
- можно провести через любую точку плоской фигуры.

7. Чему равен осевой момент инерции заданной фигуры относительно оси Y ?



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

2) $\frac{\pi d^4}{64}$;

3) $\frac{\pi d^4}{128}$;

4) $\frac{\pi d^4}{12}$.

8. Верно ли, что центробежный момент инерции площади плоской фигуры относительно центральных осей равен нулю?

- верно;
- неверно.

9. Верно ли утверждение, что центр тяжести площади симметричной плоской фигуры всегда располагается на оси симметрии ?

- верно;
- неверно.

10. Какой из моментов инерции сечения может быть отрицательным

1) осевой;
2) центробежный;
3) полярный.

11. Как изменится осевой момент инерции круга, если его диаметр увеличить в два раза?.

1) увеличится в 2 раза;
2) увеличится в 4 раза;
3) увеличится в 16 раз.

12. Влияют ли геометрических характеристик плоских сечений на прочность и жесткость элементов конструкции ?

- влияют;
- не влияют.

13. Если в плоскости сечения проведен ряд параллельных осей, относительно какой из них осевой момент инерции имеет наименьшее значение?

1) относительно оси, наиболее удаленной от центра тяжести сечения;
2) относительно оси, проходящей через центр тяжести сечения;
3) момент инерции не изменится.

14. Верно ли утверждение, что центробежный момент инерции относительно главных осей инерции равен нулю ?

- верно;
- неверно.

3.4 Перечень вопросов для тестирования по **разделу 4**

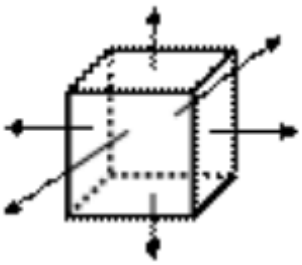
1. Что такое главная площадка напряжений?
1) площадка, на которой отсутствуют нормальные напряжения;
2) площадка, на которой нормальные и касательные напряжения между собой равны;
3) площадка, на которой отсутствуют касательные напряжения.

2. Совокупность напряжений, возникающих на множестве площадок, проходящих через рассматриваемую точку, называют …
1) напряженным состоянием в точке;
2) полным напряжением;
3) нормальным напряжением;
4) касательным напряжением.

3. Напряжение называется главным, если на элементарных площадках действуют напряжения…
1) полные;
2) нормальные;
3) касательные;
4) абсолютные.

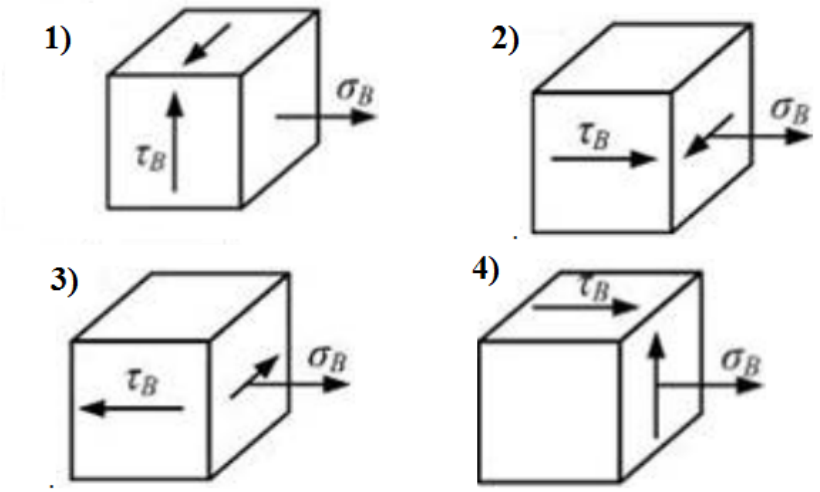
4. Напряженное состояние, когда на гранях выделенного элемента возникают только касательные напряжения, называют…
1) линейным;
2) объемным;
3) двухосным растяжением;
4) чистым сдвигом.

5. Схема какого напряженного состояния изображена на рисунке?

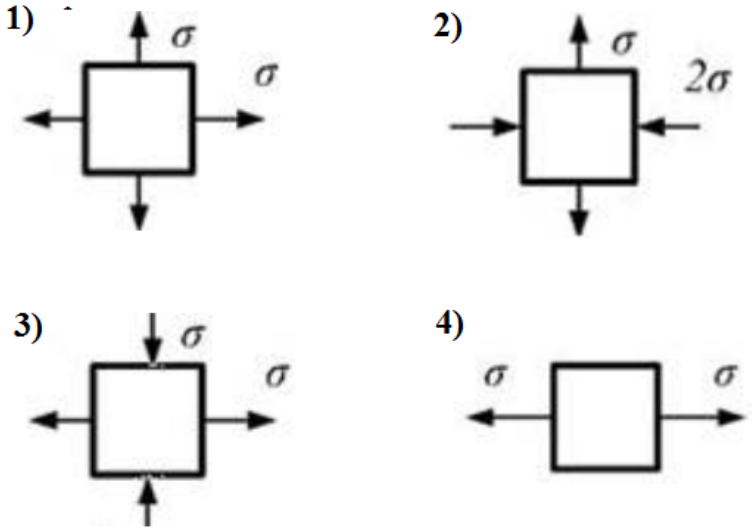


1) одноосное растяжение;
2) разноименное плоское напряженное состояние;
3) двухосное растяжение;
4) трехосное растяжение;

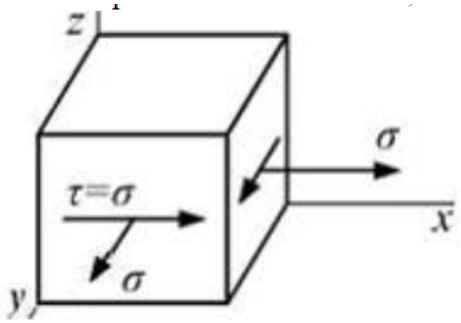
6. Стержень круглого сечения диаметром *d* испытывает деформации чистого изгиба и кручения. Напряженное состояние в точке *B* показано на рисунке…



7. Напряженное состояние «чистый сдвиг» показано на рисунке…



8. Напряженное состояние, показанное на рисунке, называется……



1) линейным;

2) плоским;
3) объемным;
4) чистым сдвигом..

9. Число, показывающее, во сколько раз следует одновременно увеличить все компоненты напряженного состояния, чтобы оно стало предельным, называется…
1) коэффициентом запаса для данного напряженного состояния;
2) теоретическим коэффициентом концентрации напряжений;
3) эффективным коэффициентом концентрации напряжений;
4) коэффициентом динамичности системы.

10. Какие площадки в сечениях бруса называются главными?
1) в которых касательные напряжения равны нулю;
2) в которых нормальные напряжения равны нулю;
3) в которых касательные напряжения достигают максимального значения;
4) в которых нормальные напряжения равны касательным напряжениям.

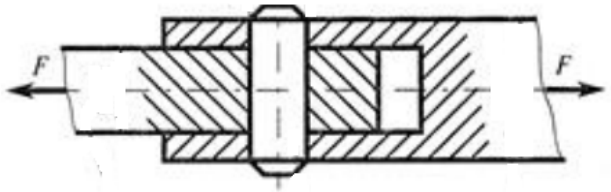
11. Сколько главных площадок можно выделить в случае плоского равноосного растяжения ?
1) две;
2) три;
3) одну;
4) бесконечное множество.

12. Выбрать правильное соотношение между главными напряжениями:
1) $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$;
2) $\sigma_1 > \sigma_2 < \sigma_3$;
3) $\sigma_1 = \sigma_2 > \sigma_3$.

13. При сложном напряженном состоянии под приведенным (эквивалентным) напряжением следует понимать...
1) предел текучести;
2) напряжение, при котором происходит разрушение образца;
3). предел прочности при растяжении или сжатии;
4) напряжение, которое следует создать в растянутом (сжатом) образце, чтобы его прочность была одинаковой с прочностью образца, находящегося в условиях сложного напряженного состояния.

3.5 Перечень вопросов для тестирования по **разделу 5**

1. Какой вид деформации испытывает данное соединение ?



1) Растяжение и изгиб;
2) Сдвиг и смятие;
3) Изгиб и кручение;
4) Растяжение и сдвиг.

2. Как направлены к плоскости поперечного сечения напряжения при сдвиге?
1) совпадают с плоскостью сдвига;
2) перпендикулярно к плоскости сдвига;
3) α=45°.

3. Угол γ, на который изменяются прямые углы параллелепипеда, называется:
1) относительным сдвигом;
2) углом закручивания;
3) абсолютной деформацией;

4. Чистым сдвигом называется такой случай плоского напряженного состояния:
1) при котором в окрестности данной точки может быть выделен элементарный параллелепипед с боковыми гранями, находящимися под действием одних лишь касательных напряжений;
2) при котором в окрестности данной точки может быть выделен элементарный параллелепипед с боковыми гранями, находящимися под действием одних лишь нормальных напряжений.

5. Какую механическую характеристику материала листа надо знать, чтобы определить силу, необходимую для продавливания отверстий?
1) предел текучести;
2) предел прочности на растяжение;
3) предел прочности на срез.

6. Во сколько раз изменится допускаемая нагрузка на сварное соединение, если толщина шва уменьшится вдвое (при прочих равных условиях)?
1) уменьшится в четыре раза;
2) уменьшится вдвое;
3) увеличиться вдвое.

7. Какие деформации в материале возникают при чистом сдвиге?
1) угловая и продольная деформации;
2) продольная деформация;
3) угловая деформация.

8. Выбрать формулу выражающую закон Гука при сдвиге?

1) $\sigma = \varepsilon E$;

2) $\tau = \gamma G$;

3) $\tau = \frac{G}{\gamma}$.

9. Как распределяются касательные напряжения в поперечном сечении при сдвиге?
1) по закону прямой;
2) равномерно;
3) по закону параболы.

10 Диаметр заклепки увеличился в два раза. Как изменится расчетное напряжение среза?
1) уменьшится в два раза;
2) уменьшится в четыре раза;
3) увеличится в два раза.

3.6 Перечень вопросов для тестирования по **разделу 6**

1. Как называется момент внутренних сил в поперечном сечении бруса относительно его продольной оси?
1) изгибающим моментом;
2) осевым моментом инерции;
3) главным моментом;
4) крутящим моментом;
5) полярным моментом инерции.

2. Видом напряженного состояния, имеющего место при кручении стержня круглого поперечного сечения, является...
1) чистый сдвиг:
2) одноосное напряженное состояние;
3) линейное напряженное состояние;
4) объемное напряженное состояние.

3. Как изменится диаметр круглого образца при закручивании ?
1) увеличится;

2) уменьшится;

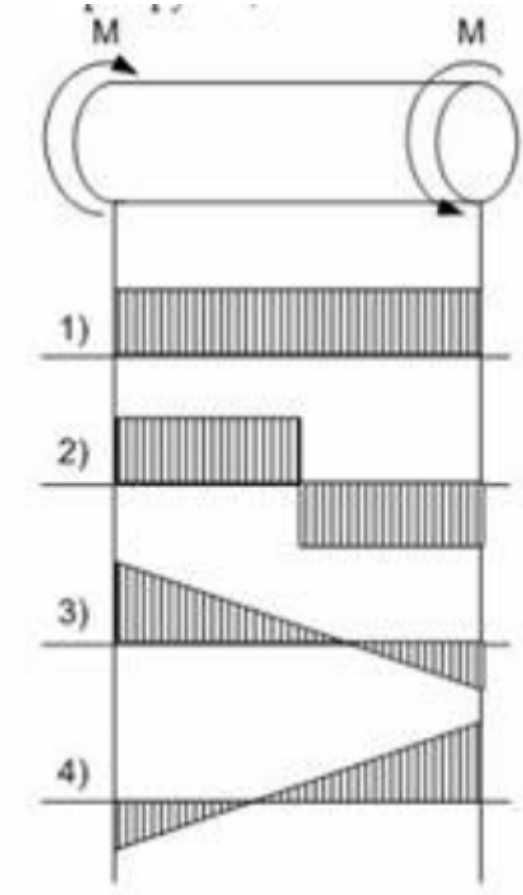
3) искривится;

4) не изменится.

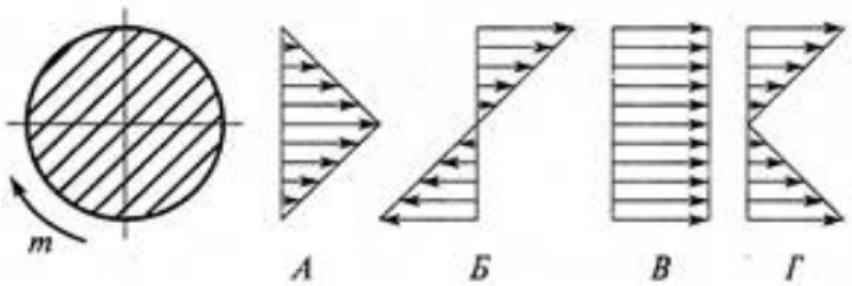
4. Какие внутренние усилия возникают при кручении?

1) поперечная сила;
2) продольная сила;
3) изгибающий момент;
4) крутящий момент.

5. Какая эпюра крутящего момента соответствует данному нагружению ?



6. Как распределяется напряжение в поперечном сечении бруса при кручении?



7. Как называется указанная величина γ в законе Гука?

$$\tau = G \cdot \gamma$$

1) угол закручивания;
2) смещение;
3) сжатие;
4) угол сдвига.

8. Какой вид напряженного состояния возникает в каждой точке поперечного сечения вала при кручении ?
1) плоское напряженное состояние;
2) одноосное напряженное состояние;
3) чистый сдвиг;

9. Как изменяться касательные напряжение в поперечном сечении стержня при кручении, если передаваемый валом крутящий момент увеличить вдвое ?
1) увеличиться в 2 раза;
2) уменьшиться в 2 раза;
3) не изменяться;
4) увеличиться в 4 раза.

10. Справедлив ли закон Гука при кручении, если напряжение не превышает предела пропорциональности?
1) справедлив;
2) не справедлив.

11. Зависят ли величина расчетных касательных напряжений при кручении от материала вала ?
1) не зависят:
2) зависят.

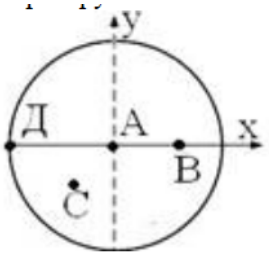
12. Как изменится величина максимальных касательных напряжений в поперечном сечении вала, если его диаметр увеличить в два раза?
1) не изменятся;
2) уменьшаться в 8 раз;
3) уменьшаться в 4 раза;
4) увеличиться в 4 раза.

13. В какой точке круглого стержня касательные напряжения при кручении достигают наибольшей величины?
1) в центре;
2) в наиболее удаленных точках от центра;
3) напряжения во всех точках одинаковы.

14. Стержень круглого поперечного сечения диаметром *d* работает на кручение. Касательное напряжение в точке, которая расположена на расстоянии *d*/4 от оси стержня, равно т. Наибольшее касательное напряжение в данном поперечном сечении стержня равно…

1) т;
2) 2т;
3) 4т;
4) 8т.

15. При кручении максимальное касательное напряжение возникает в точке

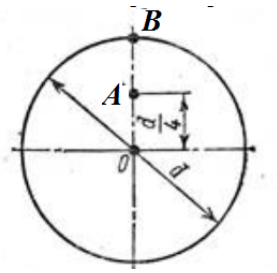


1) A;
2) B;
3) C;
4) Д.

16. Какая из приведённых формул соответствует условию прочности при кручении?

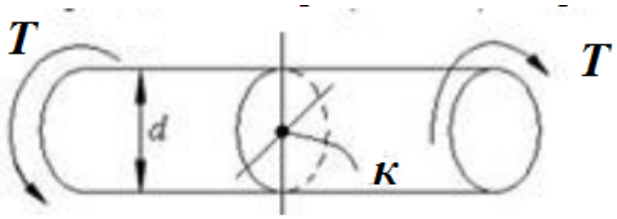
1) $\sigma = \frac{N}{A} \le [\sigma];$
2) $\tau = \frac{T}{W_p} \le [\tau];$
3) $\sigma = \frac{M}{W_x} \le [\sigma];$
4) $\tau = \frac{Q}{A} \ge [\tau].$

17. Верно ли утверждение, что касательные напряжения в точке А больше касательных напряжений в точке В в 2 раза?

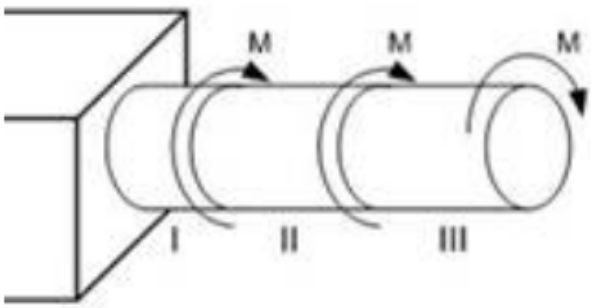


1) верно;
2) неверно.

18. Определить величину касательных напряжений в точке К, если передаваемый крутящий момент равен 3- кНм, а диаметр вала равен 50 мм ?

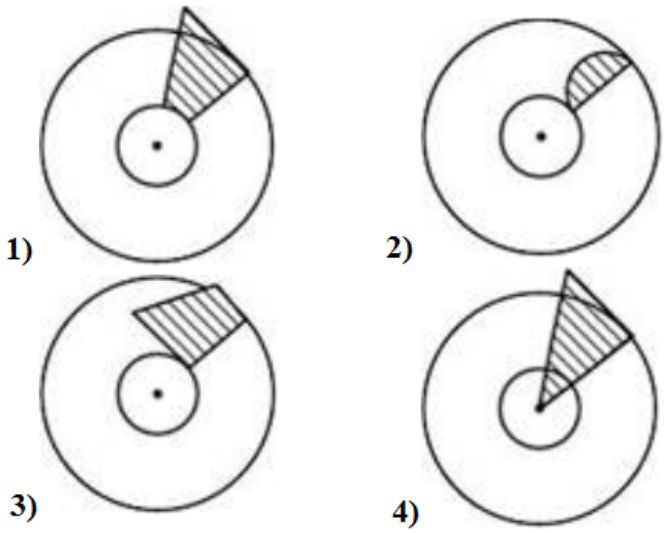


19. В скручиваемом стержне максимальные касательные напряжения действуют.



1) на III участке;
2) на I участке;
3) на II участке:
4) на участках I и II.

20. Выбрать эпюру распределения касательных напряжений в поперечном сечении трубы ?



3.7 Перечень вопросов для тестирования по **разделу 7**

1. Как изменяется изгибающий момент в сечении, в котором к балке приложен сосредоточенный внешний момент?
1) изменяется значение знака;
2) не изменяется;
3) изменяется скачкообразно на величину этого момента.

2. Как изменяется поперечная сила в сечении, в котором к балке приложена сосредоточенная внешняя сила, перпендикулярная оси балки?
1) скачкообразно на величину этой силы;
2) не изменяется;
3) изменяется значение знака.

3. В каких точках поперечного сечения балки при изгибе возникает наибольшее нормальное напряжение?
1) в центре тяжести сечения;
2) в точках нейтральной оси сечения;
3) в точках, наиболее удаленных от нейтральной оси;
4) в точках контура поперечного сечения;
5) в точках, наиболее удаленных от центра тяжести сечения.

4. В каких точках поперечного сечения балки при изгибе отсутствуют нормальные напряжения?
1) в точках, наиболее удаленных от нейтральной оси;
2) в точках, наиболее удаленных от центра тяжести сечения;
3) в точках контура поперечного сечения;
4) в ядре сечения;
5) в точках нейтральной оси сечения.

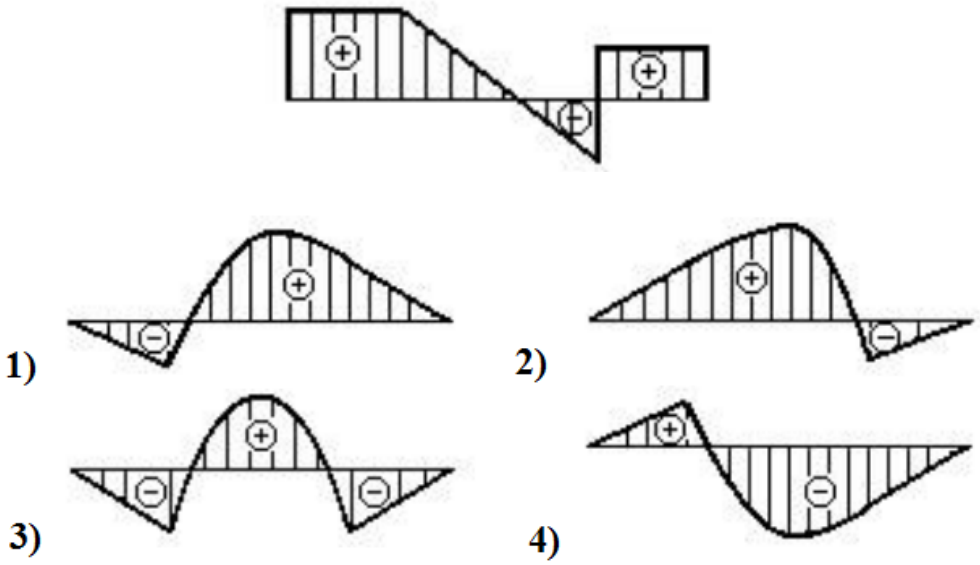
5. При определении прогиба балки путем перемножения площади грузовой эпюры на ординату под ее центром тяжести в единичной эпюре соответствует:
1) интегралу Мора;
2) правилу Верещагина;
3) способу Симпсона

6. Что является наиболее опасным при анализе эпюр поперечных сил и изгибающих моментов?
1) максимальная величина (по модулю) поперечной силы;
2) максимальная величина (по модулю) изгибающего момента.

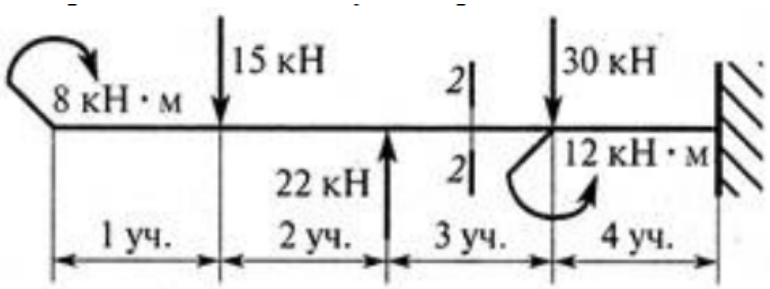
7. Назовите внутренний силовой фактор, численно равный сумме моментов внешних сил, приложенных по одну сторону от рассматриваемого сечения относительно центра тяжести этого сечения.
1) осевая сила;

2) крутящий момент;
3) изгибающий момент;
4) поперечная сила.

8. Дана эпюра поперечных сил. Выбрать эпюру изгибающих моментов, соответствующей этой эпюре поперечных сил ?

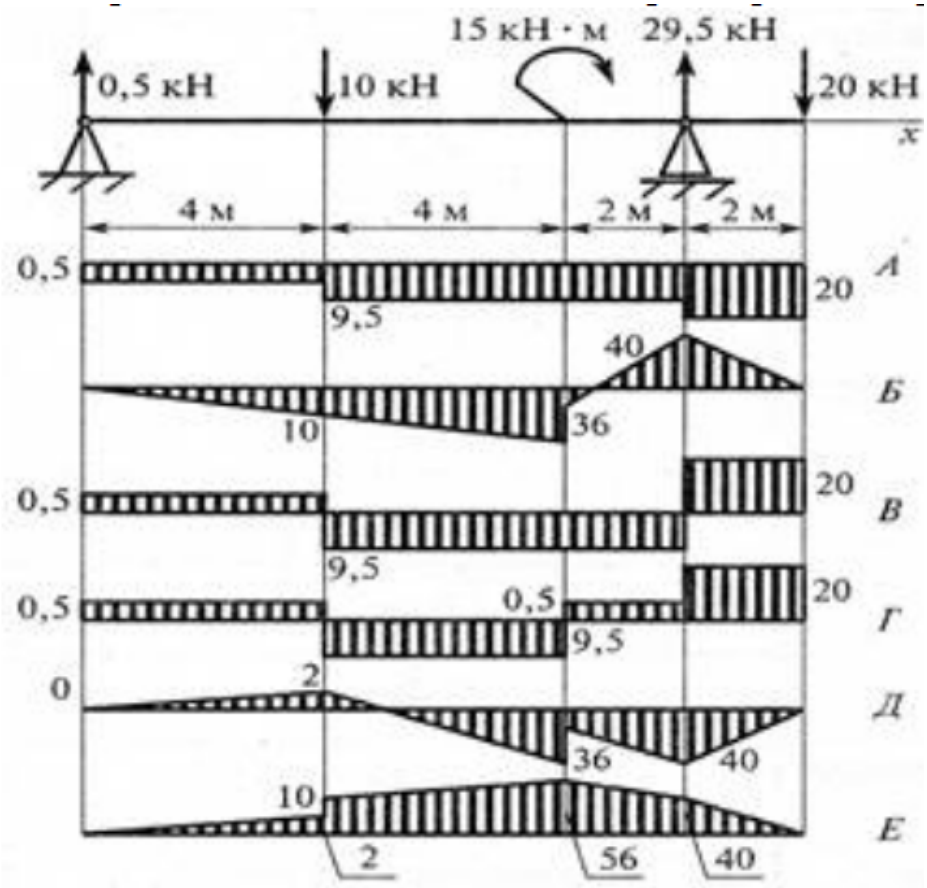


9. Определить величину поперечной силы в сечении *2-2*



10. Для заданной балки выбрать эпюру изгибающих моментов, соответствующую заданным условиям нагружения ?

1) А;
2) Б;
3) Д;
4) Е.



11. Верно ли, что знаки поперечной силы и изгибающего момента не изменятся, если их рассчитывать по разные стороны от рассматриваемого сечения ?

1) верно, знаки не изменятся;
2) неверно, знаки изменятся на обратные.

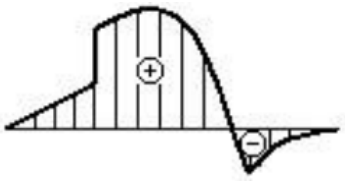
12. Чему будет равна величина поперечной силы на балке в сечении, где изгибающий момент достигает экстремальных значений?

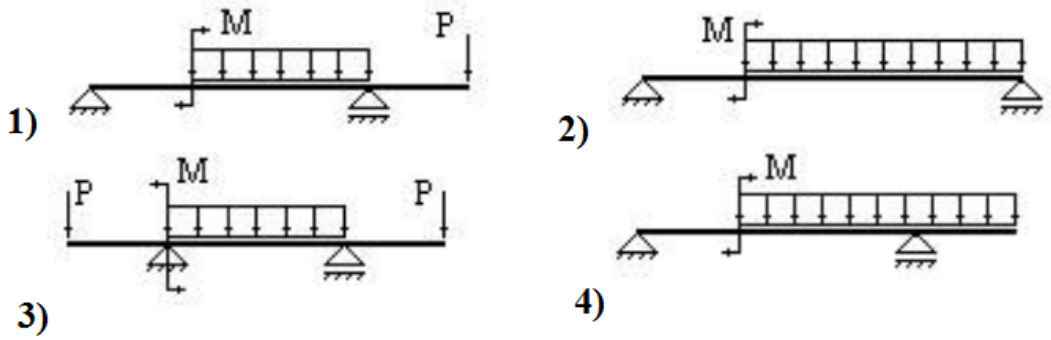
1) будет равна приложенной внешней силе;
2) будет равна нулю;
3) будет равна опорной реакции.

13. Для чего необходимо строить эпюру изгибающих моментов?

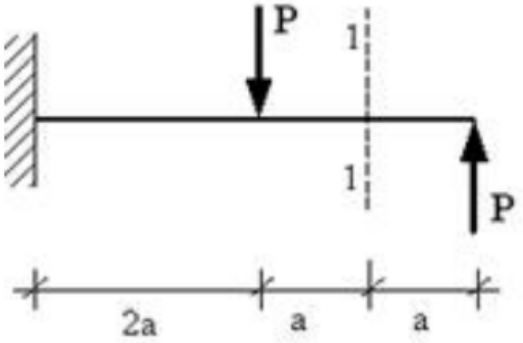
1) для определения наибольшего значения поперечной силы;
2) для определения опасного сечения балки;
3) для расчета касательных напряжений.

14. Дана эпюра изгибающих моментов. Которая из балок ей соответствует?



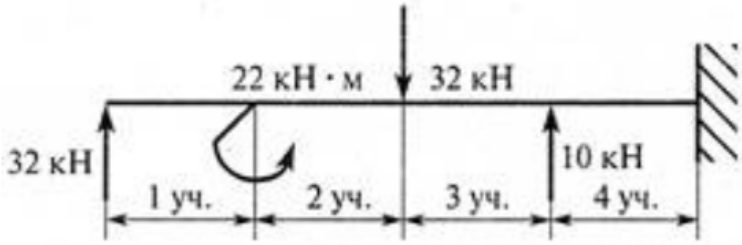


15. В сечении 1-1 имеют место внутренние силовые факторы...



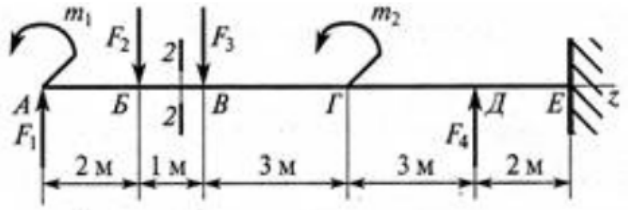
1) $M \neq 0,\ Q = 0;$
2) $M \neq 0,\ Q \neq 0;$
3) $M = 0,\ Q = 0;$
4) $M = 0,\ Q \neq 0;$

16. Для данно1 балки выбрать участок чистого изгиба:

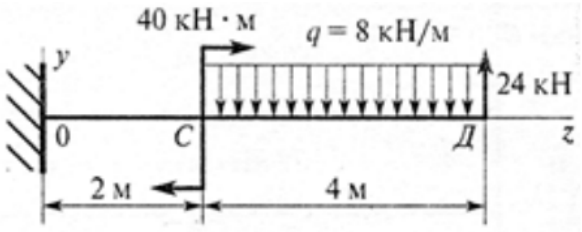


1) 1 участок;
2) 2 участок;
3) 3 участок;
4) 4 участок.

17. Определить величину изгибающего момента в точке *Г* справа, если F_1 = 15 кН; F_2 = 22 кН; F_3 = 37 кН; m_1 = 25 кНм; m_2 = 45 кНм



18. Определить координату точки *z*, в которой изгибающий момент достигает экстремального значения?



19. Условие прочности при изгибе имеет вид :

1) $\sigma = \frac{N}{A} \le [\sigma];$

2) $\tau = \frac{T}{W_p} \le [\tau];$

3) $\sigma = \frac{M}{W_x} \le [\sigma];$

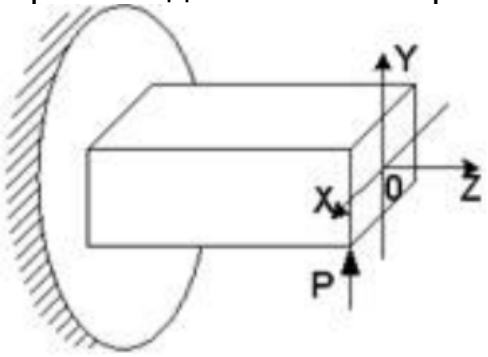
4) $\tau = \frac{Q}{A} \ge [\tau].$

20. Во сколько раз уменьшатся нормальные напряжения в прямоугольном сечении балки, если ее высота увеличится в два раза?

1) в два раза;
2) в четыре раза;
3) в восемь раз.

3.8 Перечень вопросов для тестирования по **разделу 8**

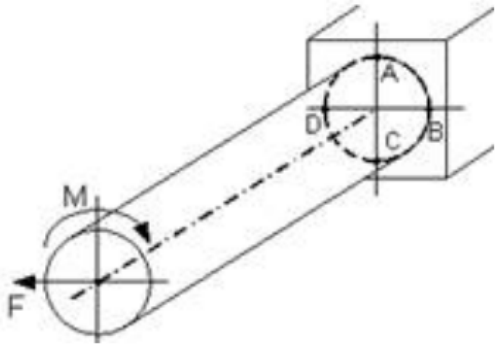
1. Для нагруженного стержня вид сложного сопротивления называется…



1) косым изгибом;

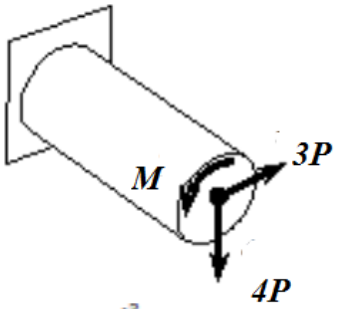
2) внецентренным сжатием;
3) изгибом с кручением;
4) общим случаем сложного сопротивления.

2. Опасными точками являются точки….



1) A и C;
2) D и C;
3) A и B;
4) B и D.

3. Один конец бруса диаметра *d* и длины *l* жестко закреплен, а другой конец нагружен вертикальной и горизонтальной силами, а также скручивающим моментом *M* = 10*Pl*. Определить наибольшее допустимое значение силы *P*, используя энергетическую теорию прочности.



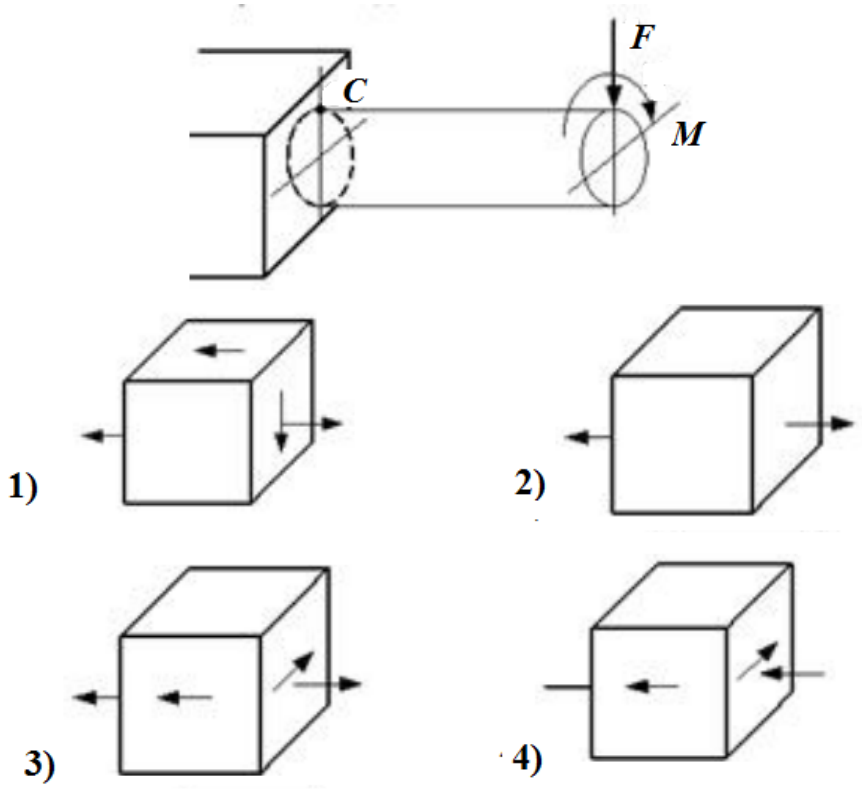
1) $P = \frac{\pi \cdot d^3 \cdot [\sigma]}{16 \cdot l}$;

2) $P = \frac{\pi \cdot d^3 \cdot [\sigma]}{32 \cdot l}$;

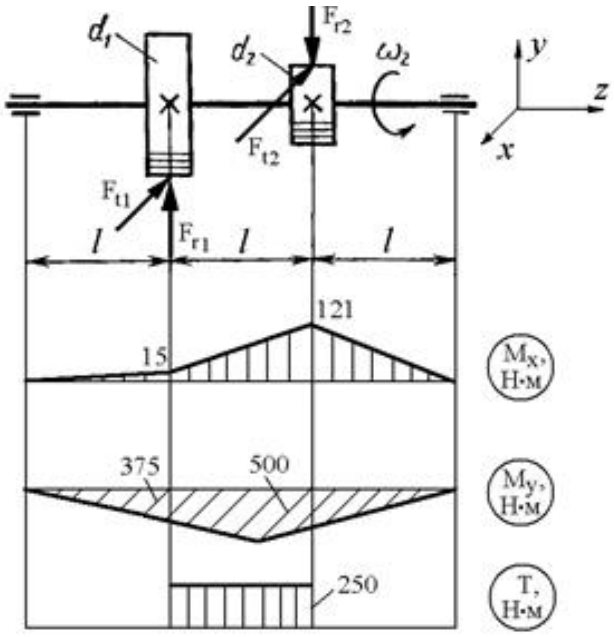
3) $P = \frac{\pi \cdot d^3 \cdot [\sigma]}{320 \cdot l}$;

4) $P = \frac{\pi \cdot d^3 \cdot [\sigma]}{160 \cdot l}$.

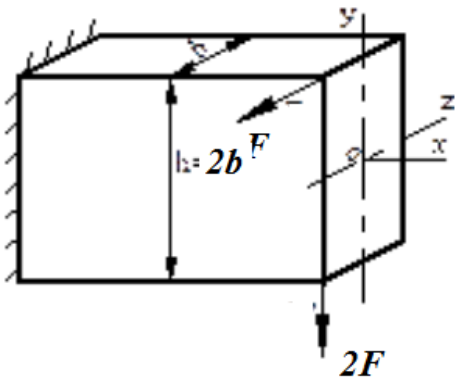
4. Напряженное состояние, возникающее в точке *C*, имеет вид...



5. Промежуточный вал двухступенчатого цилиндрического редуктора, выполненного по развернутой схеме, нагружен изгибающим и крутящим моментами (см. рисунок ниже). Допускаемое напряжение на изгиб для вала $[\sigma_и]$=60МПа. Минимально допустимый диаметр вала в опасном сечении из расчета на прочность при совместном действии изгиба и кручения равен …



6. К стержню приложены две силы - *F* и 2*F*, Определить наибольшее напряжение в опасном сечении::



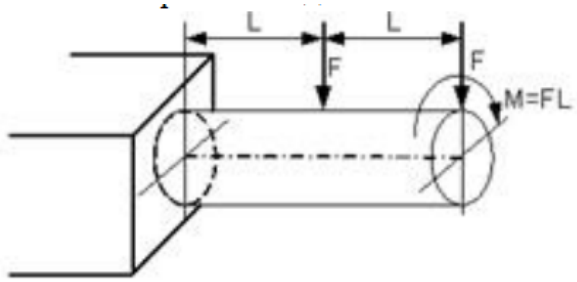
1) $2 \cdot \frac{F \cdot l}{b^3}$

2) $4 \cdot \frac{F \cdot l}{b^3}$

3) $6 \cdot \frac{F \cdot l}{b^3}$

4) $8 \cdot \frac{F \cdot l}{b^3}$

7. Для данной схемы нагружения условие прочности вала в опасном сечении имеет вид:



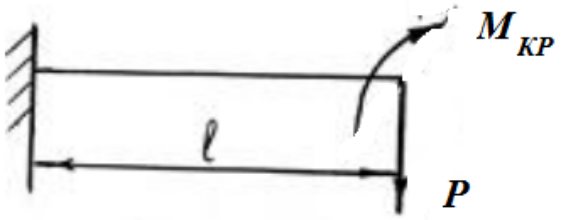
1) $\frac{F \cdot L \cdot \sqrt{10}}{W} \le [\sigma];$

2) $\frac{F \cdot L \cdot \sqrt{2}}{W} \le [\sigma];$

3) $\frac{F \cdot L \cdot \sqrt{10}}{2 \cdot W} \le [\sigma];$

4) $\frac{2 \cdot F \cdot L \cdot \sqrt{2}}{W} \le [\sigma];$

8. Определить эквивалентный момент в опасном сечении:



1) $M_{ЭКВ} = \sqrt{(P \cdot l)^2 + 4 \cdot M_{KP}^2}$;

2) $M_{ЭКВ} = \sqrt{(P \cdot l)^2 + M_{KP}^2}$;

3) $M_{ЭКВ} = P \cdot L + M_{KP}$.

3.9 Перечень вопросов для тестирования по **разделу 9**

1. Продолжить определение : «Критическая сила это……..»
1) - то предельная нагрузка, устанавливаемая из условий обеспечения жесткости стержня;
2) - предельная нагрузка, устанавливаемая из условия устойчивости стержня;
3) - предельная нагрузка, устанавливаемая из условий обеспечения прочности стержня;
4) - предельная нагрузка, устанавливаемая из условий обеспечения прямолинейности стержня;

2. Зависит ли величина критической силы от способов закрепления концов стойки?
1) не зависит;
2) зависит;

3. Что называется гибкостью стержня при продольном изгибе?
1) безразмерная величина, равная отношению его приведенной длины к минимальному радиусу инерции;
2) безразмерная величина, равная отношению его приведенной длины к радиусу инерции;
3) безразмерная величина, равная отношению его длины к минимальному осевому моменту инерции;

4. Зависит ли величина критической силы от упругих свойств материала стержня?
1) зависит;
2) не зависит.

5. Как изменится величина критической силы, если длину стержня увеличить в два раза?

1) уменьшится в два раза;
2) уменьшится в четыре раза;
3) уменьшится в восемь раз.

6. Формула Эйлера для определения критической силы применяется для стержней

1) малой гибкости;
2) большой гибкости;
3) средней гибкости.

7. Что такое критическая сила ?

1) это сила, при которой система переходит из начального положения в критическое;
2) это сила, при которой происходит разрушение системы;
3) это сила, при которой система теряет устойчивость.

8. Для какой гибкости применима формула Эйлера ?

9. Верно ли утверждение, что критические напряжения при потери устойчивости больше предела текучести стальных материалов ?

- верно;
- неверно.

10. Коэффициент приведенной длины стержня при вычислении критической силы по формуле Эйлера зависит от...

1) величины приложенной силы
2) способа закрепления стержня
3) материала стержня
4) формы поперечного сечения стержня

11. Как изменится критическое напряжение, если в формуле Эйлера длину стержня уменьшить вдвое?

1) уменьшиться в два раза;
2) не измениться;
3) увеличиться в два раза;
4) увеличиться в четыре раза.

12. Если гибкость стержня равна $\lambda=65$, то по какой формуле следует определять критическую силу ?

1) по формуле Эйлера;
2) по формуле Ясинского;
3) по закону Гука.

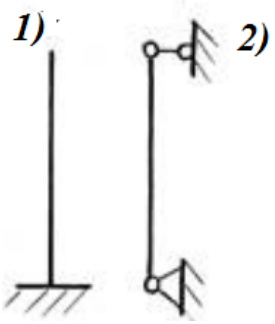
13. Определить гибкость стержня квадратного сечения со стороной *a=5* см и длиной *l=1* м, если оба конца стержня жестко заделаны?

1) 69:
2) 83;
3) 102;
4) 147.

14. Чему равен коэффициент приведения длины для данного стержня?

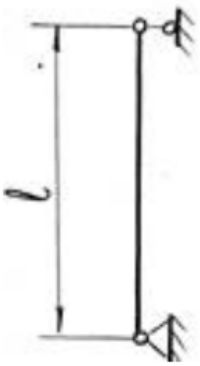


15. У какого стержня критическая сила больше?

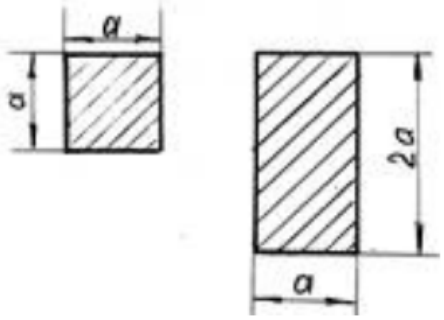


1) у стержня 1;
2) у стержня 2;
3) у обоих стержней критические силы равны.

16. Чему равна гибкость стержня, если l= 3 м, I_{min}= 25 см^2 , A= 2 см^2?

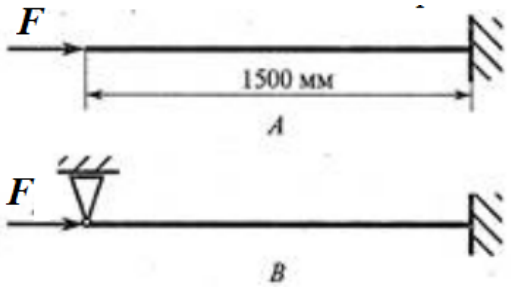


17. Измениться ли критическое напряжение, если одну сторону стержня квадратного сечения удвоить?



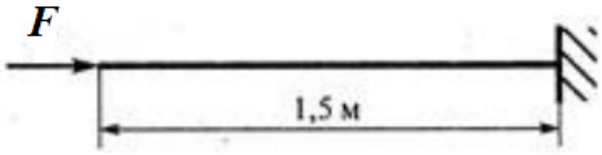
1) измениться;
2) не измениться.

18. Как изменится гибкость стержня при замене схемы крепления концов с варианта *А* на вариант *Б?*



1) уменьшится в 2 раза;
2) уменьшится в 2,86 раза;
3) увеличится в 4 раза;
4) увеличится в 2,24 раза.

19. Определить допускаемую нагрузку для стойки. Материал – сталь E= $2 \cdot 10^5$ МПа, поперечное сечение – швеллер № 16, запас устойчивости 4. Применима формула Эйлера

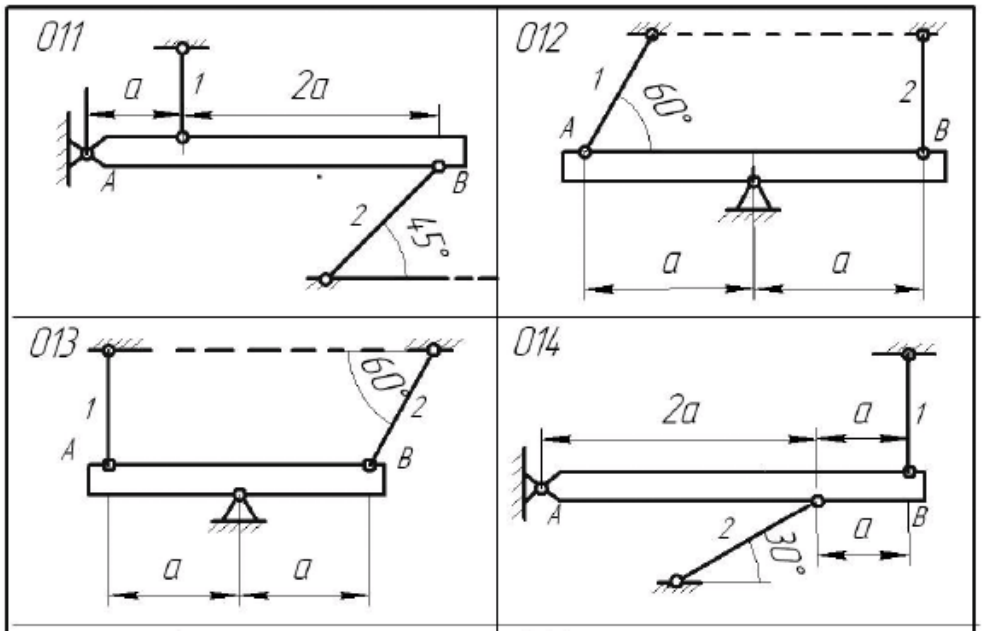


20. Как изменится критическая сила, рассчитанная по формуле Эйлера если длину стойки увеличить в 3 раза?

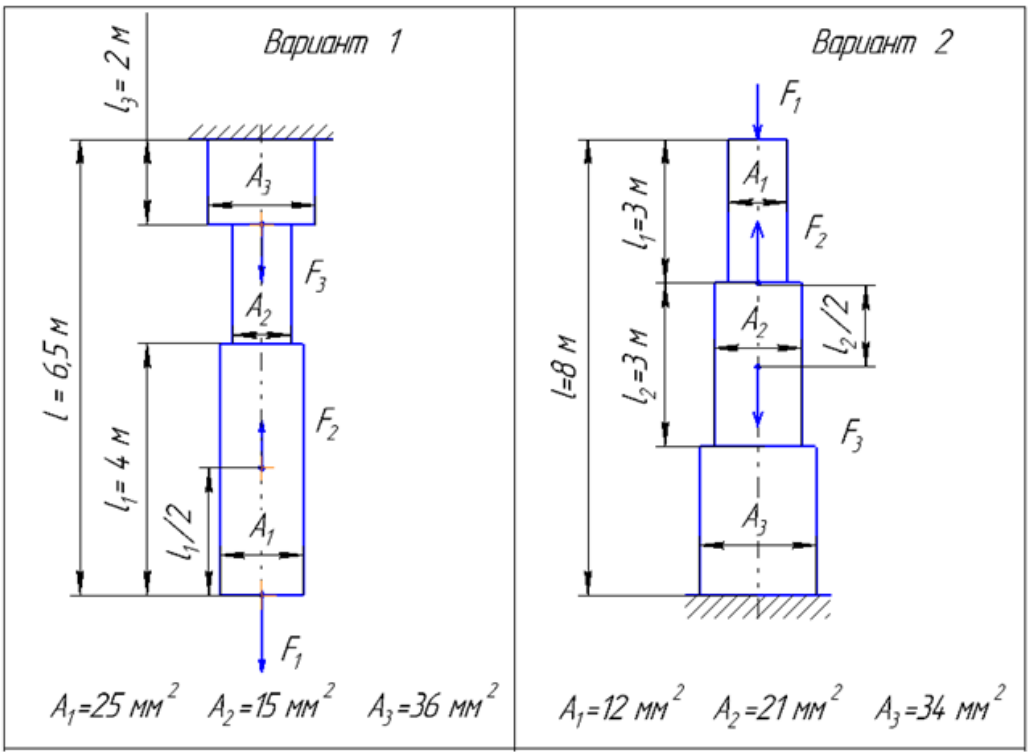
1) увеличится в 9 раз;
2) уменьшится в 9 раз;
3) уменьшится в 6 раз;
4) увеличится в 3 раза.

4 Выполнение практических работ

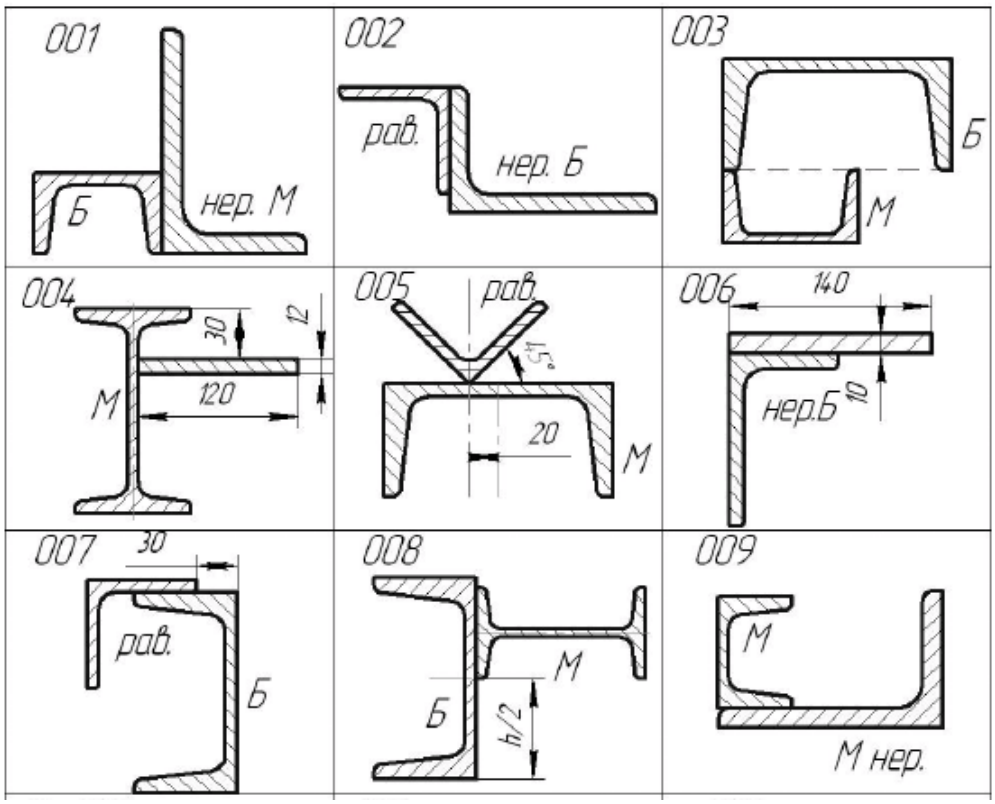
Задания для практических работ, теоретический и методический материал для самостоятельного изучения и вопросы для собеседования представлены в методических указаниях к практическим занятиям.
Примеры задач для практических занятий:
- определить напряжения в стержнях:



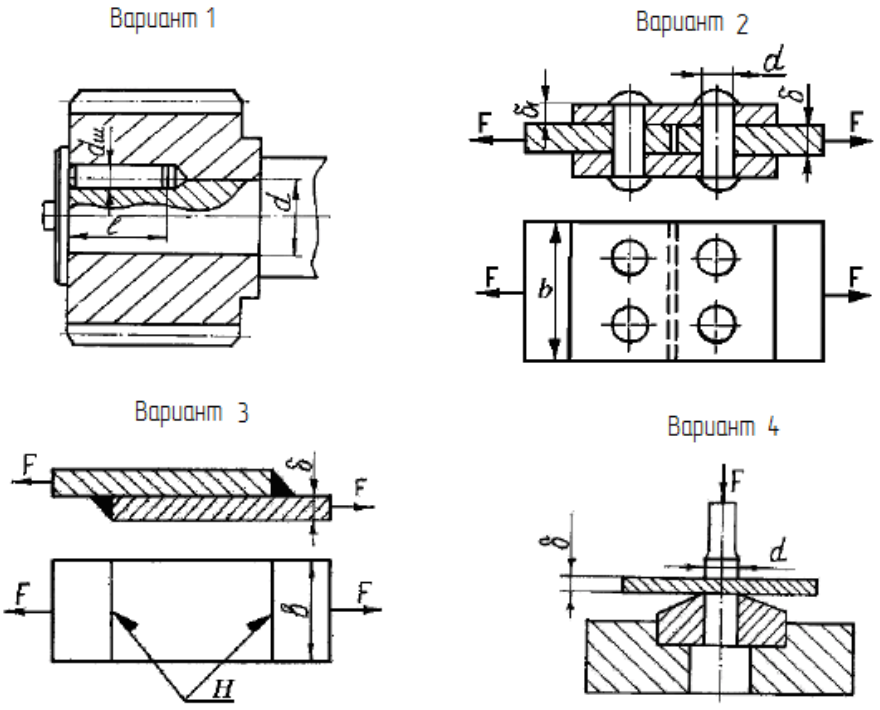
- рассчитать на прочность и построить эпюры внутренних сил стержней, работающих на растяжение-сжатие:



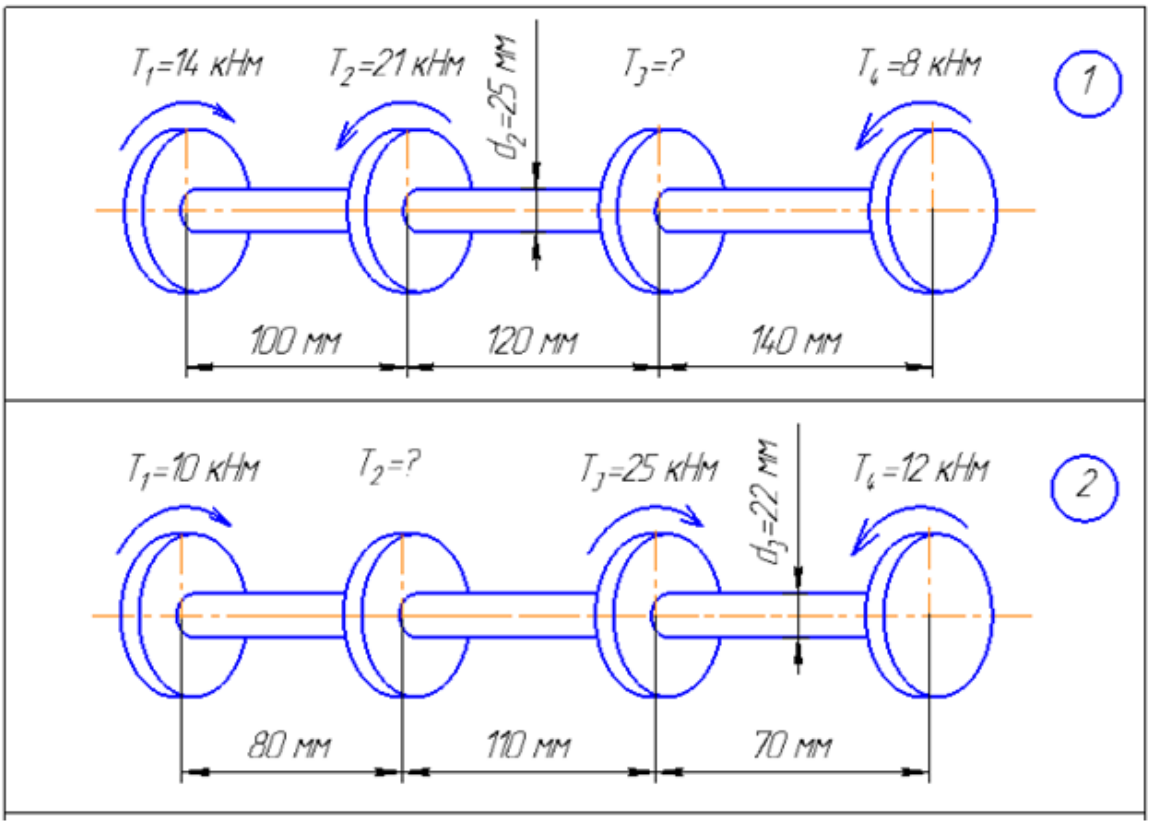
- определить геометрические характеристики сложных поперечных сечений:



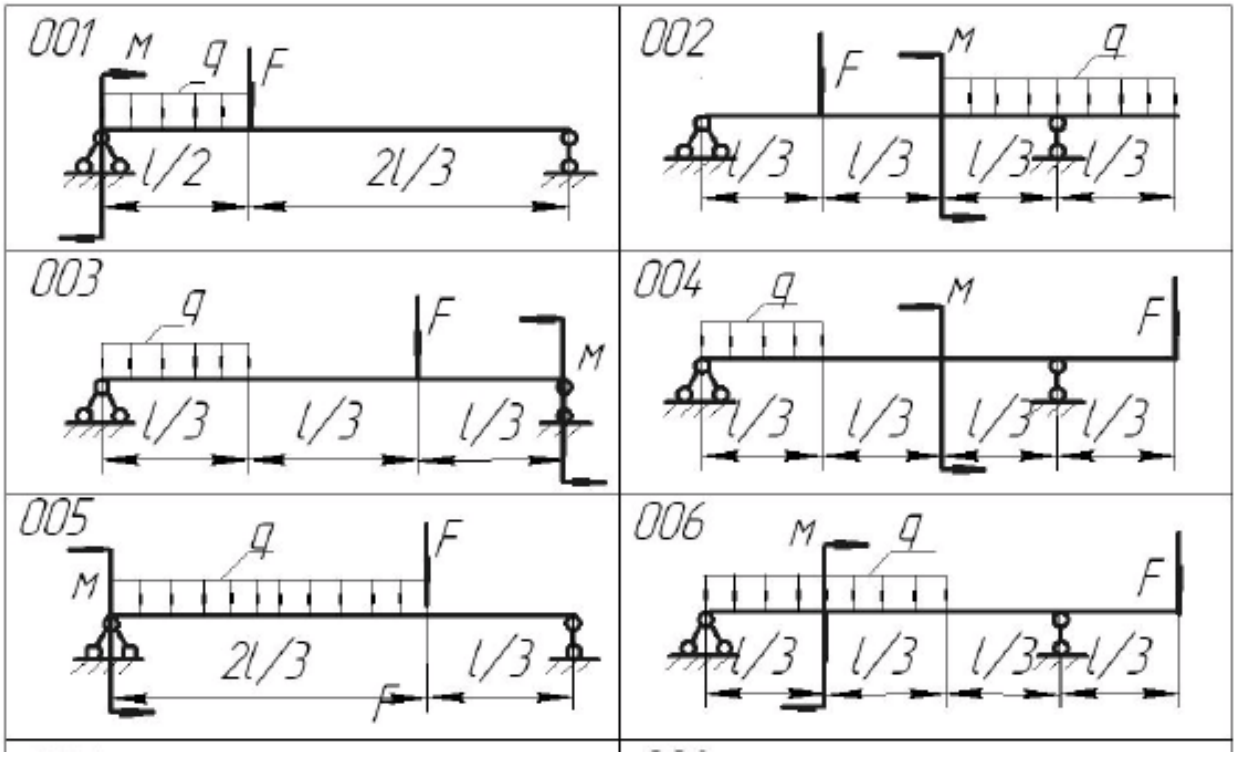
- рассчитать прочность сварных и заклепочных соединений:



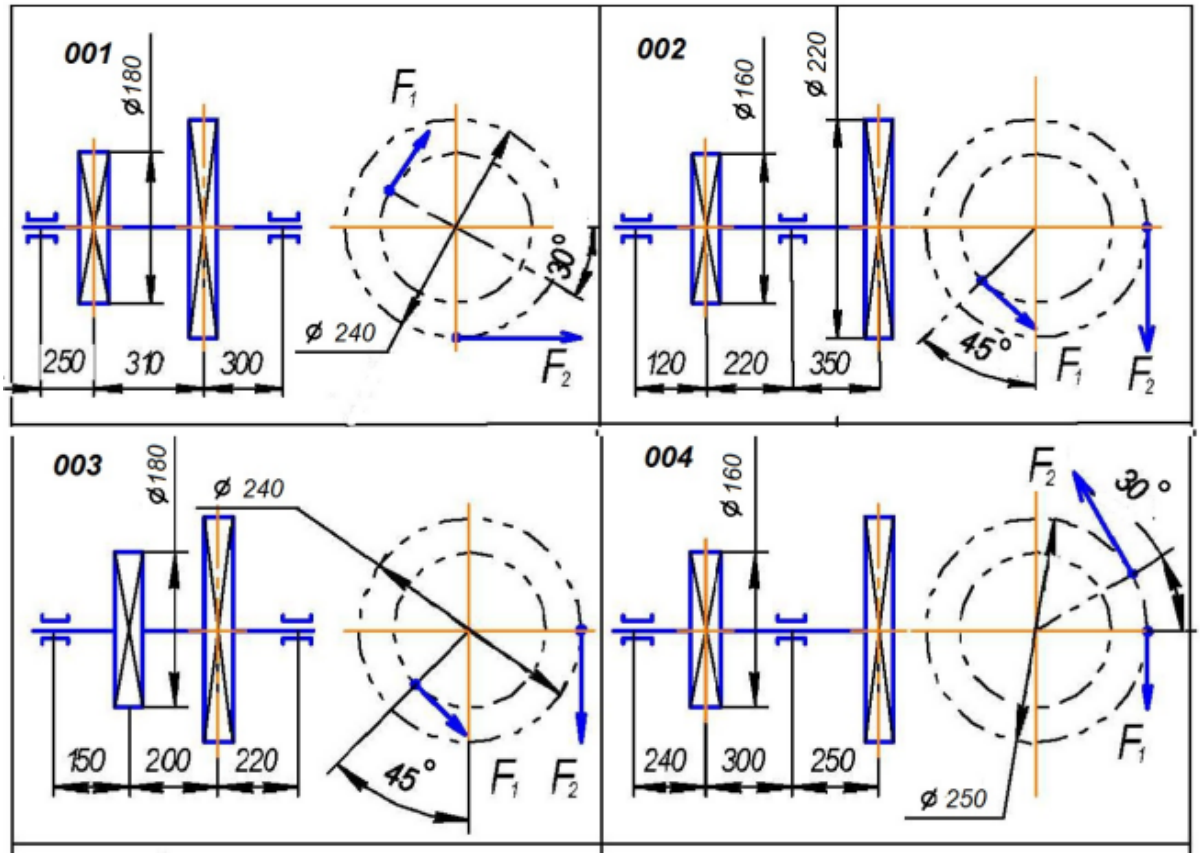
- рассчитать на прочность и построить эпюры крутящих моментов и углов закручивания вала:



- рассчитать на прочность и подобрать двутавровое сечение балок, работающих на изгиб:



- рассчитать диаметр вала , работающего на изгиб и кручение:



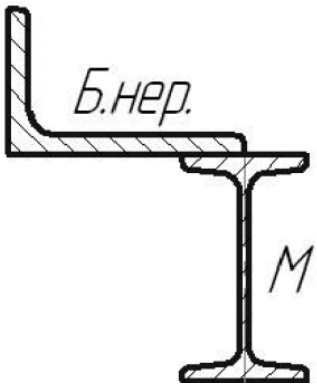
5 Выполнение контрольной работы.

Задания для выполнения самостоятельных работ представлены в соответствующих методических указаниях .
Пример выполнения контрольной работы.

Задача 1

Определить геометрические характеристики плоского сечения.

Дано: сечение состоит из неравнополочного уголка 75х50х8 с параметрами В1 = 75мм, b1= 50мм, t1=8мм, A1=9,47см2, Jx1=52,38 см4, Jy1=18,52 см4, x0=1,29см, у0=2,52 см, Jxу=17,8 см4 и двутавра №10 с параметрами h2=100мм, b2=55мм, A2=12см2, Jx2=198 см4, Jy2=17,9 см4.



Координаты центра тяжести сечения относительно осей X0, Y0:

$$x_c = \frac{A_1 \cdot x_{c1} + A_2 \cdot x_{c2}}{A_1 + A_2} = \frac{9{,}47 \cdot 1{,}29 + 12 \cdot 7{,}5}{9{,}47 + 12} = 4{,}76\text{см}$$

$$y_c = \frac{A_1 \cdot y_{c1} + A_2 \cdot y_{c2}}{A_1 + A_2} = \frac{9{,}47 \cdot 12{,}52 + 12 \cdot 5}{9{,}47 + 12} = 8{,}32\text{см}$$

Осевые моменты инерции относительно центральных осей Xc, Yc:

$$\mathrm{J_{xc}} = \mathrm{J^1_{xc}} + \mathrm{J^2_{xc}} = \mathrm{J_{x1}} + \mathrm{A_1 \cdot a_1^2} + \mathrm{J_{x2}} + \mathrm{A_2 \cdot a_2^2}$$

$$\mathrm{J_{yc}} = \mathrm{J^1_{yc}} + \mathrm{J^2_{yc}} = \mathrm{J_{y1}} + \mathrm{A_1 \cdot b_1^2} + \mathrm{J_{y2}} + \mathrm{A_2 \cdot b_2^2}$$

$$\mathrm{J_{xcyc}} = \mathrm{J^1_{xcyc}} + \mathrm{J^2_{xcyc}} = \mathrm{J_{x1y1}} + \mathrm{A_1 \cdot a_1 \cdot b_1} + \mathrm{J_{x2y2}} + \mathrm{A_2 \cdot a_2 \cdot b_2}$$

$$b_1 = 4{,}76 - 1{,}29 = (-3{,}47)\text{см}; \qquad a_1 = 12{,}52 - 8{,}32 = 4{,}2$$

$$b_2 = 7{,}5 - 4{,}76 = 2{,}74\text{см}; \qquad a_2 = 8{,}32 - 5 = (-3{,}32)$$

$$\mathrm{J_{xc}} = 52{,}38 + 9{,}47 \cdot 4{,}2^2 + 198 + 12 \cdot (-3{,}32)^2 = 549{,}7\text{см}^4$$

$$\mathrm{J_{yc}} = 18{,}52 + 9{,}47 \cdot (-3{,}47)^2 + 17{,}9 + 12 \cdot 2{,}74^2 = 240{,}54\text{см}^4$$

$$\mathrm{J_{x2y2}} = 0$$

$$\mathrm{J_{xcyc}} = 17{,}8 + 9{,}47 \cdot 4{,}2 \cdot (-3{,}47) + 0 + 12 \cdot (-3{,}32) \cdot 2{,}74 = -229{,}38\text{см}^4$$

Угол поворота главных центральных осей относительно осей Xc, Yc

$\tan 2\alpha = \frac{2 \cdot \mathrm{J_{xcyc}}}{\mathrm{J_{yc}} - \mathrm{J_{xc}}} = \frac{2 \cdot (-229{,}38)}{240{,}54 - 549{,}7} = 1{,}484$; α=28°

Поворачивая оси Xc, Yc против хода часовой стрелки на угол α = 28°, получаем положение главных центральных осей.

Величины моментов инерции относительно главных центральных осей

$$\mathrm{J^{min}_{max}} = \frac{\mathrm{J_{xc}} + \mathrm{J_{yc}}}{2} \pm \frac{1}{2}\sqrt{(\mathrm{J_{xc}} - \mathrm{J_{yc}})^2 + 4 \cdot \mathrm{J^2_{xcyc}}}$$

$$\mathrm{J^U_{min}} = \frac{549{,}7 + 240{,}54}{2} - \frac{1}{2}\sqrt{(549{,}7 - 240{,}54)^2 + 4 \cdot (-229{,}38)^2} = 118{,}52\text{см}^4$$

$$\mathrm{J^V_{max}} = \frac{549{,}7 + 240{,}54}{2} + \frac{1}{2}\sqrt{(549{,}7 - 240{,}54)^2 + 4 \cdot (-229{,}38)^2} = 671{,}72\text{см}^4$$

Проверка: $\mathrm{J^U_{min}} + \mathrm{J^V_{max}} = \mathrm{J_{xc}} + \mathrm{J_{yc}}$

118,52+671,72=549,7+240,54; 790,24=790,24.

Задача 2.

Рассчитать на прочность и жесткость консольные и двухопорные балки.

Задание. Для заданной схемы нагружения балки (рисунок 14) требуется:

1. Построить эпюры внутренних изгибающих моментов и поперечных сил.

2. Подобрать по условию прочности размеры поперечных сечений при $[\sigma] = 160$ МПа:

– круглого;

– квадратного;

– прямоугольного пустотелого (рисунок 10);

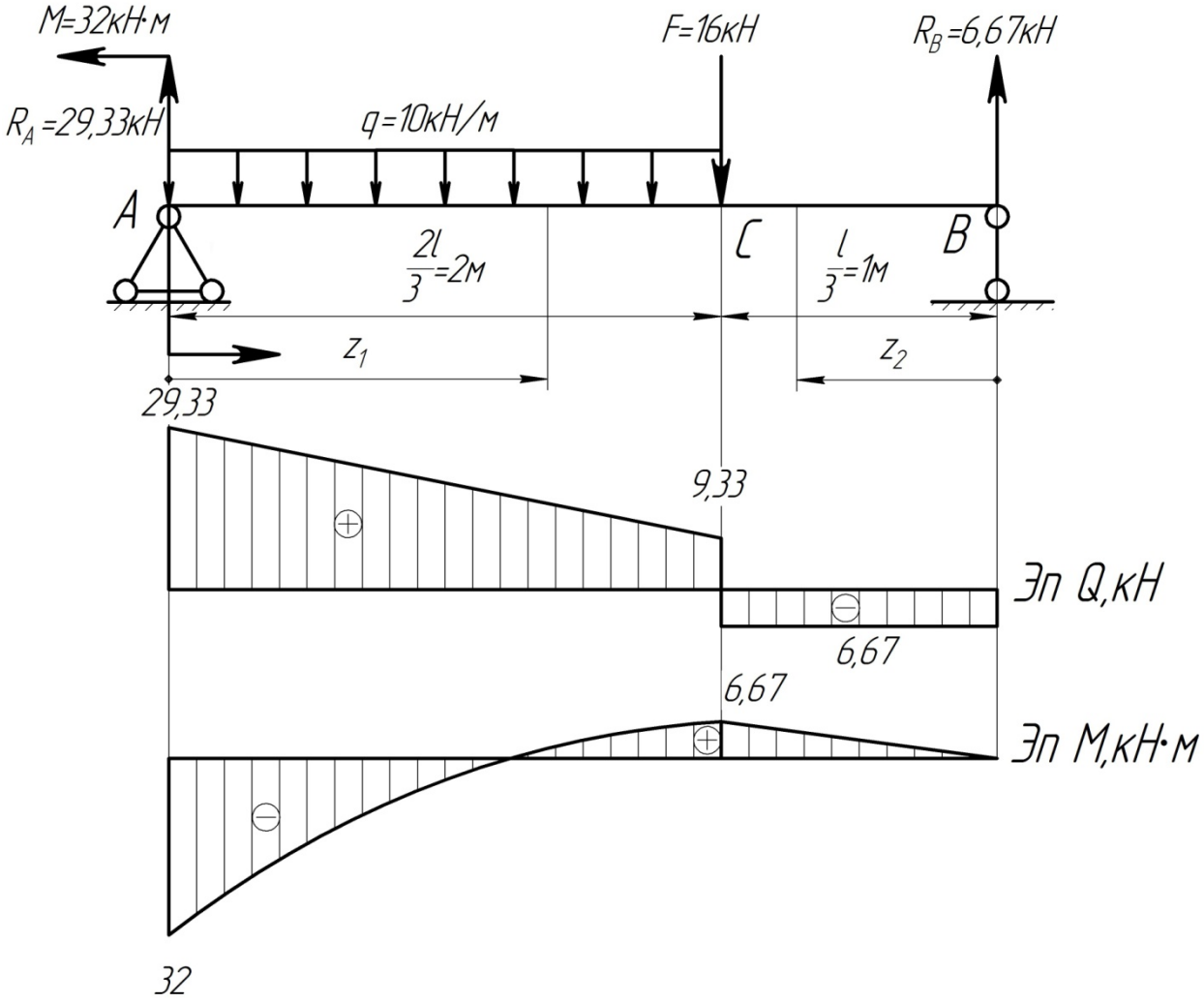
– двутаврового.

Сопоставить затраты материала для этих вариантов сечения.

3. Построить эпюры распределения нормальных и касательных напряжений для двутаврового сечения балки. Определить главные напряжения в опасных точках сечения.

Исходные данные: $l = 3$ м, $q = 10$ кН/м, $F = 16$ кН, $M = 32$ кН $\cdot$ м.

Решение.



1.1. Вычисление опорных реакций.

Реакции опор определяем из условия равновесия балки:

$$\sum m_A = 0, \qquad M + R_B \cdot l - q\frac{2l}{3} \cdot \frac{l}{3} - F \cdot \frac{2l}{3} = 0;$$

$$R_B = \frac{-M + q\frac{2l}{3} \cdot \frac{l}{3} + F \cdot \frac{2l}{3}}{l} = \frac{-32 + 10 \cdot 2 \cdot 1 + 16 \cdot 2}{3} = 6{,}67 \text{ кН};$$

$$\sum m_B = 0, \qquad M - R_A \cdot l + F \cdot \frac{l}{3} + q\frac{2l}{3} \cdot \frac{2l}{3} = 0;$$

$$R_A = \frac{M + F \cdot \frac{l}{3} + q\frac{2l}{3} \cdot \frac{2l}{3}}{l} = \frac{32 + 16 \cdot 1 + 10 \cdot 2 \cdot 2}{3} = 29{,}33 \text{ кН}.$$

Производим проверку правильности найденных реакций путем проецирования всех сил на вертикальную ось Y:

$$\sum Y = R_A - q \cdot \frac{2l}{3} - F + R_B = 29{,}33 - 10 \cdot 2 - 16 + 6{,}67 = 36 - 36 = 0.$$

Следовательно, реакции найдены верно.

1.2. Построение эпюр поперечных сил Q и изгибающих моментов M.

Участок AC. Рассекаем балку в произвольном месте этого участка сечением 1-1. Рассматриваем равновесие левой отсеченной части. Фиксируем сечение 1-1 текущей координатой z_1 от начала балки.

Действие правой отброшенной части на рассматриваемую левую заменяем внутренними усилиями $Q_1(z)$ и $M_1(z)$.

Находим выражения Q и M в общем виде:

$$Q_1(z) = R_A - qz_1 = 29{,}33 - 10z_1;$$
$$M_1(z) = -M + R_A z_1 - 0{,}5qz_1^2 = -32 + 29{,}33z_1 - 5z_1^2;$$
$$0 \le z_1 \le 2 \text{ м}.$$

Поперечная сила на участке AC изменяется по его длине по линейному закону, а изгибающий момент – по закону квадратной параболы.

Найдем ординаты эпюры Q:

при $z_1 = 0$ м, $\quad Q_1 = 29{,}33$ кН,

при $z_1 = 2$ м, $\quad Q_1 = 29{,}33 - 10 \cdot 2 = 9{,}33$ кН.

Поперечная сила не меняет знак на этом участке.

Найдем ординаты эпюры M на границах участка:

при $z_1 = 0$ м, $\quad M_1 = -32$ кН · м,

при $z_1 = 2$ м, $\quad M_1 = -32 + 29{,}33 \cdot 2 - 5 \cdot 2^2 = 6{,}67$ кН · м.

Участок BC. Рассекаем балку в произвольном месте этого участка сечением 2-2. Рассматриваем равновесие правой отсеченной части. Фиксируем сечение 2-2 текущей координатой z_2 от правого конца балки.

Действие левой отброшенной части на рассматриваемую правую заменяем внутренними усилиями $Q_2(z)$ и $M_2(z)$.

Находим выражения Q и M в общем виде:

$$Q_2(z) = -R_B = -6{,}67 \text{ кН};$$
$$M_2(z) = R_B z_2 = 6{,}67z_2;$$
$$0 \le z_2 \le 1 \text{ м}.$$

Поперечная сила на участке BC постоянна по его длине и равна $-6{,}67$ кН, а изгибающий момент изменяется по линейному закону.

Найдем ординаты эпюры M:

при $z_2 = 0$ м, $\quad M_2 = 0$ кН · м,

при $z_2 = 1$ м, $\quad M_2 = 6{,}67 \cdot 1 = 6{,}67$ кН · м.

По найденным значениям строим эпюры поперечной силы и изгибающего момента.

2. Подбор сечения балки. Находим по эпюре M максимальные (по абсолютной величине) значения внутренних усилий:

$$|M_{max}| = 32 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Из условия прочности при изгибе

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W_x} \le [\sigma]$$

определяем требуемый момент сопротивления сечения балки:

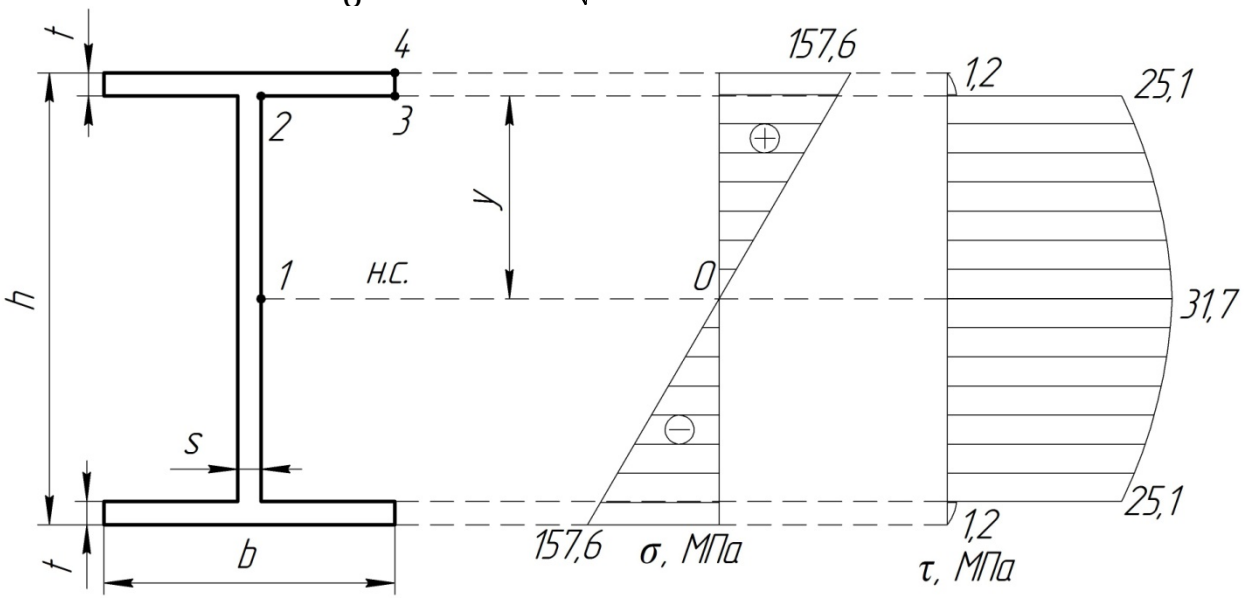
$$W_x^{\text{тр}} = \frac{M_{max}}{[\sigma]} = \frac{32 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м}}{160 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2} = 0{,}2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 200 \text{ см}^3.$$

Для круглого сечения:

$$W_x = \frac{\pi d^3}{32}, \text{ тогда } d \geq \sqrt[3]{\frac{32W_x^{\text{тр}}}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 200}{3{,}14}} = 12{,}68 \text{ см}.$$

Для квадратного сечения:

$$W_x = \frac{bb^2}{6}, \text{ тогда } b \geq \sqrt[3]{6W_x^{\text{тр}}} = \sqrt[3]{6 \cdot 200} = 10{,}63 \text{ см}.$$



В случае поперечных сечений с резко меняющейся шириной могут возникнуть большие главные нормальные напряжения. Их определение в общем случае плоского напряженного состояния производится по формуле:

$$\sigma_{\frac{max}{min}} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \frac{1}{2}\sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2}.$$

При прямом поперечном изгибе $\sigma_x = \sigma$, $\sigma_y = 0$ и $\tau_{xy} = \tau$, поэтому

$$\sigma_{\frac{max}{min}} = \frac{\sigma}{2} \pm \frac{1}{2}\sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}.$$

Здесь σ и τ – нормальные и касательные напряжения в рассматриваемой точке, действующие по площадке, совпадающей с поперечным сечением балки. Из формулы видно, что напряжение σ_{max} всегда положительно, а σ_{min} всегда отрицательно.

При плоском напряженном состоянии одно из главных напряжений равно 0. Поэтому, в соответствии с правилом, согласно которому $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$, напряжение σ_{max} следует обозначить σ_1, а напряжение σ_{min} – σ_3.

Для определения главных напряжений необходимо определить опасное сечение, где напряжения σ и τ имеют одновременно большие значения.

Согласно эпюрам M и Q такое сечение проходит через точку A, в котором M и Q имеют одновременно максимальные значения ($|M_{max}| = 32$ кН · м, $|Q_{max}| = 29{,}33$ кН).

В этом сечении нормальные напряжения в крайних волокнах равны:

$$\sigma_1 = \sigma_3 = \frac{M}{W_x} = \frac{32 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м}}{203 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3} = 157{,}6 \text{ МПа}$$

На уровне примыкания полок к стенке ($y = h/2 - t = 20/2 - 0{,}86 = 9{,}14$ см):

$$\sigma = \frac{M}{J_x} \cdot y = \frac{32 \cdot 10^3}{2030 \cdot 10^{-8}} \cdot 9{,}14 \cdot 10^{-2} = 144{,}1 \text{ МПа}$$

Касательные напряжения на уровне нейтральной оси в сечении A τ_1 и на уровне сопряжения с полкой τ_2:

$$\tau_1 = 31{,}7 \text{ МПа}, \ \tau_2 = 25{,}1 \text{ МПа}.$$

На уровне сопряжения с полкой определим значения главных напряжений:

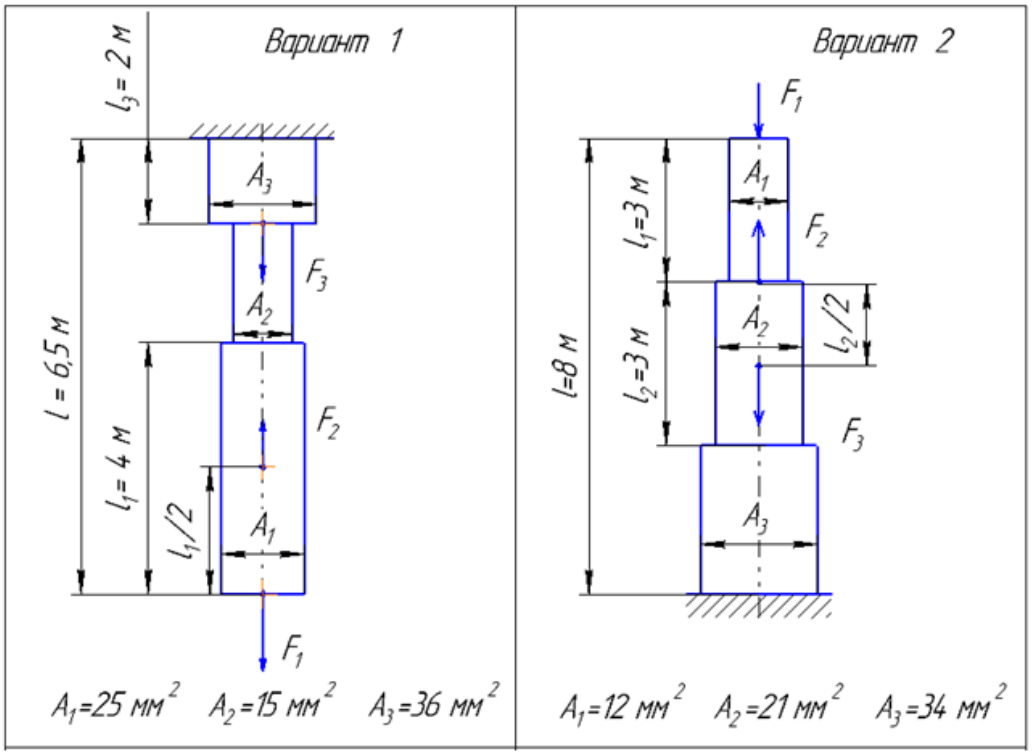
$$\sigma_1 = \frac{144{,}1}{2} + \frac{1}{2}\sqrt{144{,}1^2 + 4 \cdot 25{,}1^2} = 148{,}3 \text{ МПа};$$

$$\sigma_3 = \frac{144{,}1}{2} - \frac{1}{2}\sqrt{144{,}1^2 + 4 \cdot 25{,}1^2} = -4{,}2 \text{ МПа}.$$

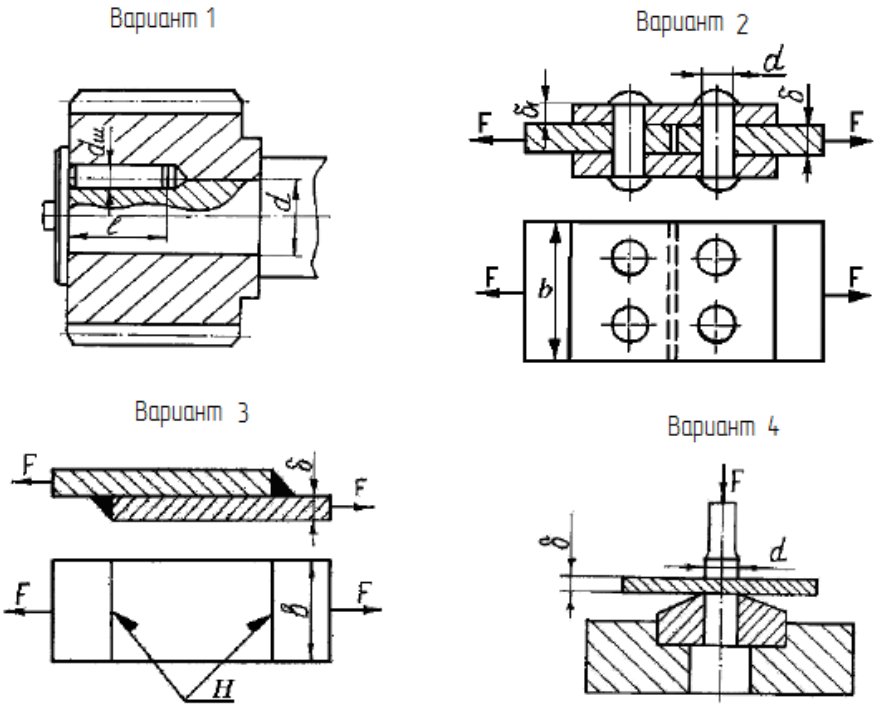
Таким образом, главные напряжения в опасных точках не превосходят нормальных напряжений в крайних волокнах сечения A.

8 Задачи к экзамену для промежуточной аттестации

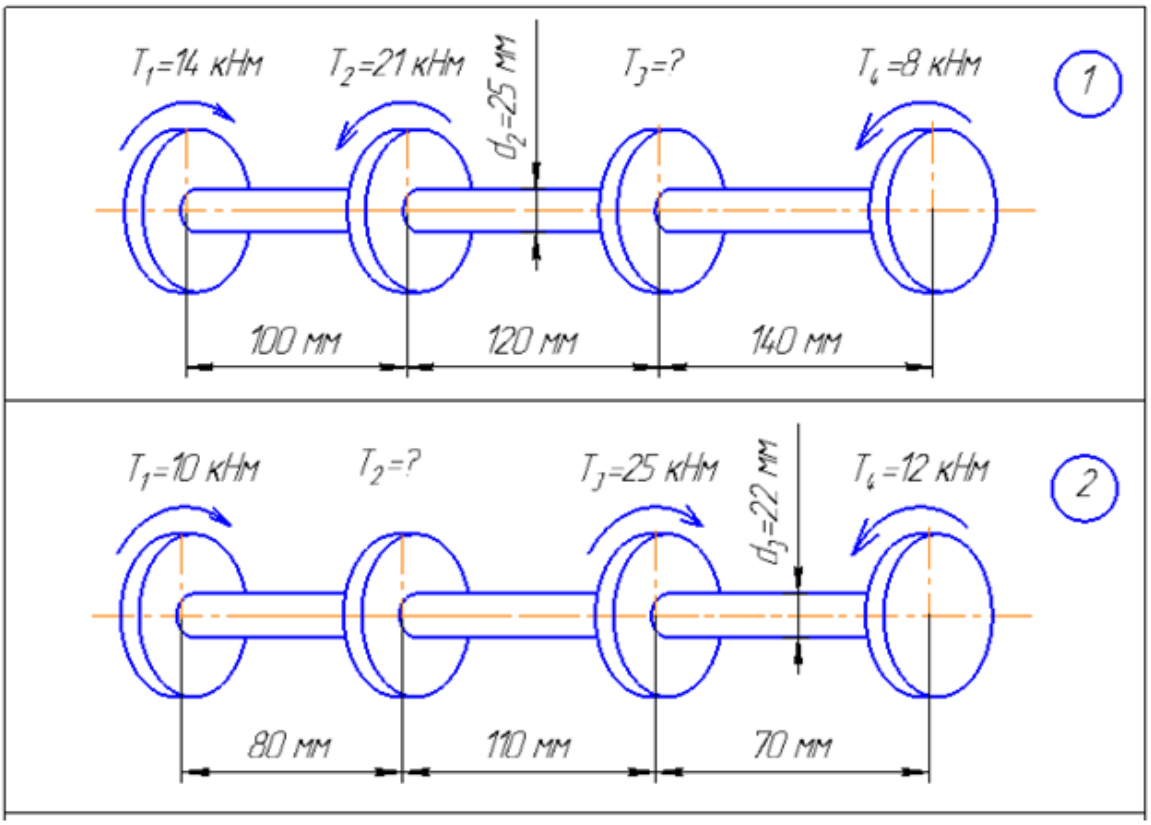
Рассчиатать на прочность стержень, работающий на растяжение-сжатие:



2. Рассчитать штифтовое, заклепочное и сварное соединения на прочность, работающих на срез:



3. Определить диаметр вала, работающего на кручение из условия его прочности:



4. Подобрать номер двутавра для балки, работающей на изгиб:

